

Ville Inkiläinen

Betonielementtien nosto-osien suunnittelu- ja valintaohje

Insinööri (AMK)

Rakennus- ja yhdyskunta-
tekniikka

Kevät 2018



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tiivistelmä

Tekijä: Inkiläinen Ville

Työn nimi: Betonielementtien nosto-osien suunnittelu- ja valintaohje

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Asiasanat: Nosto-osa, Nostolenkki, Nostoankkuri

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda Suomen Elementtisuunnittelu Oy:n käyttöön betonielementtien nosto-osien suunnittelu- ja valintaohje. Tarkoituksena oli kerätä yrityksen eniten käyttämien eri valmistajien nosto-osien tiedot ja suunnitteluohjeet yhdeksi ohjeeksi. Suunnittelu olisi helppompaa ja nopeampaa, jos tarvittava tieto olisi yhdessä paikassa, eikä tietoa tarvitsisi etsiä monesta eri lähteestä.

Työn teoriaosuudessa kerrotaan yleisiä asioita nosto-osista sekä esitetään perusteita nosto-osien mitoittamiseen ja suunnitteluun. Työssä esitetään perusteet kuormien varmuuskertoimille ja materiaalien, haara- ja nostokulmien sekä kuormien epätasaisen jakautumisen vaikutukset nosto-osien kapasiteettiin.

Opinnäytetyöhön on koottu Suomen Elementtisuunnittelu Oy:n käyttämien nosto-osien kapasiteetit, reunaetäisyydet, sijoitteluohjeet, tarvittavat lisäraudoitukset sekä muu suunnittelussa tarvittava tieto eri valmistajien tuotteista. Tämä opinnäytetyö tullaan ottamaan käyttöön Suomen Elementtisuunnittelu Oy:n suunnittelun avuksi.

Abstract

Author: Inkiläinen Ville

Title of the Publication: Designing and selection instructions for lifting parts for precast concrete elements

Degree Title: Bachelor of Engineering, Construction and Civil Engineering

Keywords: Lifting part, Lifting loop, Lifting anchor

The aim of this thesis was to create design and selection instructions for lifting parts of precast concrete elements for the use of Suomen Elementtisuunnittelu Oy. The intention was to collect all the information and instructions about lifting parts that the company uses most into one manual. Design work would be easier and faster if the necessary information was in one place, therefore, it would not be necessary to seek information from multiple sources.

The theoretical part of this thesis explains the general aspects of lifting parts and the principles of design. The thesis introduces the principles of the safety factors of the loads and how materials, lifting angles and uneven distribution of loads affect the capacity of the lifting parts.

All the information needed in designing lifting parts used by Suomen Elementtisuunnittelu Oy is collected in the thesis report, including the capacities of the lifting parts, the distances from the edges, layout guides and the additional reinforcements. The commissioning company will start using the thesis to help with their design work.

Alkusanat

Kiitokset Suomen Elementtisuunnittelu Oy:n Antti Honkaselle opinnäytetyön aiheesta ja ideoista sekä muusta avusta. Kiitos myös muulle Suomen Elementtisuunnittelun porukalle ja kaikille muille projektin tukijoille.

Sisällys

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Nostolenkeistä ja -ankkureista yleisesti | 2 |
| 2.1 | Nostolenkkien ja -ankkureiden käyttö | 2 |
| 2.2 | Nostolenkkien asennus | 2 |
| 2.3 | Suunnittelu | 3 |
| 2.4 | Nostolenkkien sijainnin sallitut toleranssit..... | 3 |
| 3 | Varmuudet | 4 |
| 3.1 | Materiaalien osavarmuuskertoimet..... | 4 |
| 3.2 | Kuormien osavarmuusluvut | 5 |
| 4 | Kuormien jakautuminen..... | 7 |
| 4.1 | Haara- ja nostokulmien vaikutus | 7 |
| 4.2 | Kuormien epätasainen jakautuminen | 10 |
| 4.3 | Elementin kääntäminen ilmassa | 11 |
| 5 | Pyöröteräksestä valmistetut nostolenkit | 15 |
| 5.1 | Taivutustyytit | 15 |
| 5.2 | Tartuntapituus | 16 |
| 5.3 | Mitoitus vetomurtoa vastaan..... | 18 |
| 5.4 | Betonin murtuminen ohuissa levyissä | 18 |
| 5.5 | Lämpölaajeneminen | 19 |
| 5.6 | Sallitut nostokulmat | 19 |
| 6 | Jännepunoksista valmistetut nostolenkit | 20 |
| 6.1 | Taivutustyytit | 20 |
| 6.2 | Tartuntapituus | 20 |
| 6.3 | Mitoitus vetomurtoa vastaan..... | 22 |
| 6.4 | Nostoapulaitteen vaikutus | 23 |
| 6.5 | Punosten niputtaminen..... | 24 |
| 7 | Nostoankkurit | 25 |
| 7.1 | RD-kierteiset nostoankkurit | 25 |
| 7.2 | Vaijerinostolenkit | 27 |
| 7.3 | Reikärauta-ankkurit ja niiden nostolukot | 27 |
| 7.4 | Kuula-ankkurit ja nostolukko..... | 28 |

| | | |
|-------|--|----|
| 8 | Suomen Elementtisuunnittelu Oy:n eniten käyttämät nosto-osat | 29 |
| 8.1 | R-Group RCL | 29 |
| 8.1.1 | Kapasiteetit..... | 30 |
| 8.1.2 | Reunaetäisyydet ja sijoitteluohje..... | 31 |
| 8.1.3 | Tarvittavat lisäraudoitukset | 31 |
| 8.2 | R-Group RLA | 33 |
| 8.2.1 | Mitat ja valmistusmateriaalit | 33 |
| 8.2.2 | Tarvittavat lisäraudoitukset | 35 |
| 8.3 | Peikko KK Short..... | 37 |
| 8.3.1 | Mitat..... | 37 |
| 8.3.2 | Tarvittavat lisäraudoitukset | 38 |
| 8.4 | Peikko PLA | 41 |
| 8.4.1 | Kapasiteetit ja reunaetäisyydet | 42 |
| 8.4.2 | Tarvittavat lisäraudoitukset | 44 |
| 8.5 | R-Group R..... | 47 |
| 8.5.1 | Kapasiteetit ja reunaetäisyydet | 48 |
| 8.5.2 | Reunaetäisyydet ja sijoitteluohje..... | 49 |
| 8.5.3 | Tarvittavat lisäraudoitukset | 50 |
| 8.6 | Peikko PNLF | 56 |
| 8.6.1 | Mitat ja valmistusmateriaalit | 57 |
| 8.6.2 | Kapasiteetit..... | 58 |
| 8.7 | Pintos SCR | 59 |
| 8.7.1 | Mitat..... | 59 |
| 8.7.2 | Kapasiteetit..... | 60 |
| 8.7.3 | Reunaetäisyydet ja sijoitteluohje..... | 60 |
| 8.8 | Pintos PB, PBK ja PBR | 61 |
| 8.8.1 | Kapasiteetit..... | 62 |
| 8.8.2 | Reunaetäisyydet ja sijoitteluohje..... | 63 |
| 8.8.3 | Taivutettu PBK sandwichelementissä | 64 |
| 8.9 | Pintos SA | 67 |
| 8.9.1 | Mitat..... | 67 |
| 8.9.2 | Kapasiteetit..... | 68 |
| 9 | Yhteenveto..... | 70 |
| | Lähteet..... | 71 |
| | Liitteet | |

Symboliluettelo

| | |
|----------------|---|
| Adheesio | Kahden eri aineen välinen vetovoima |
| Pyöröteräs | Pyöreää, sileäpintainen terästanko |
| Tartuntapituus | Nosto-osan betonin sisään jäävän osan pituus, joka välittää nosto-osaan kohdistuvan kuorman betonille. Käytetään myös sanaa ankkurointipituus |

1 Johdanto

Betonielementeissä käytettävien nostolenkkien ja -ankkureiden valmistajilla on olemassa omille tuotteilleen suunnittelijoiden käyttöön suunnittelu- ja sijoitteluohjeet sekä kapasiteettitaulukot. Nostolenkeille ja -ankkureille löytyy myös yleisiä suunnitteluohjeita ja laskentaperusteita. Tarvittavan tiedon etsiminen voi kuitenkin olla hidasta ja hankalaa eri ohjeista ja taulukoista. Kesällä 2017 ollessani työharjoittelussa Suomen Elementtisuunnittelu Oy:llä ilmeni tarve nostolenkkien ja -ankkureiden suunnittelu- ja sijoitteluohjeelle, johon olisi koottuna vain yrityksen eniten käyttämät tuotteet. Omaan käyttöön räätälöidyt ohjeet nopeuttaisivat suunnittelua, kun tarvittava tieto olisi helpommin saatavissa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda betonielementeissä käytettäville nostolenkeille ja -ankkureille sijoittelu- ja suunnitteluohje Suomen Elementtisuunnittelu Oy:n käyttöön. Tarkoituksena on koota yksiin kansiin yrityksen suunnittelussa eniten käyttämille eri elementtityyppien nostolenkeille ja -ankkureille kapasiteettitaulukot, reunaetäisyys- ja sijoitteluohjeet, sekä tarvittavat lisäraudoitukset kullekin nosto-osalle. Työn teoriaosuudessa kerrotaan yleisiä asioita nosto-osista, nosto-osien suunnittelussa ja valinnassa huomioitavia asioita sekä esitetään nosto-osien suunnittelun ja mitoituksen perusteita.

Opinnäytetyön tilaaja, Suomen Elementtisuunnittelu Oy, on vuonna 2015 perustettu asuinkerrostalojen betonielementtien suunnitteluun erikostunut insinööritoimisto. Yrityksen toimipaikka on Kuopiossa

2 Nostolenkeistä ja -ankkureista yleisesti

2.1 Nostolenkkien ja -ankkureiden käyttö

Nostolenkkejä ja -ankkureita käytetään elementtien nostamiseen, siirtoihin ja asennukseen. Nostolenkit ja -ankkurit kannattelevat koko elementin painon, jopa useita tonneja, joten oikeanlaisten nosto-osien valinta on onnistuneen noston ja asennuksen sekä työturvallisuuden kannalta tärkeää. Vääränlaisten nosto-osien valinnasta johtuva raskaan betonielementin putoaminen voi aiheuttaa vakavia vahinkoja ja jopa kuolemaan johtavia onnettomuuksia.

Nostolenkkejä ja -ankkureita voidaan hyödyntää rakenteiden kiinnitykseen. Päällekkäiset elementit voidaan sitoa toisiinsa kiinni nostolenkkien avulla. Kuljetuksen aikana nostosia voidaan käyttää apuna kuorman sitomisessa. [1, s. 7.]

2.2 Nostolenkkien asennus

Nostolenkit asennetaan paikalleen tehtaalla ennen elementin valua, pois lukien ontelolaattojen ja paalujen nostolenkit. Lenkit sidotaan kiinni raudoituksiin, jotta ne pysyvät paikallaan valun aikana. Nostolenkit eivät saa taipua asennuksen aikana, eikä elementtejä liikuteltaessa tai varastoitaessa. Elementtejä ei saa varastoida päällekkäin siten, että päällä oleva elementti tukeutuu alemman elementin nostolenkkeihin. [1, s. 16.]

Pyöröteräslenkkin taivutettuja osia ja nostossa taipumiselle alttiita kohtia ei saa hitsata. Punostenlenkkeihin ei saa tehdä hitsauksia. Punokset on taivutettava kylmänä, eikä ennen taivutusta purkautuneita punoksia saa käyttää. Kun punoksia niputetaan nostolenkiksi, tulee käyttää punosten kanssa samaan aikaan taivutettavaa holkkia. On suositeltavaa taivuttaa myös yksittäispunokset holkin kanssa. [1, s. 16.]

Kun nostolenkkejä käytetään hyvin kylmissä olosuhteissa (alle -25 °C), on otettava huomioon teräksen kylmähauraus riittävän varmuuden saavuttamiseksi [1, s. 16].

2.3 Suunnittelu

Nostolenkit ja -ankkurit ovat tärkeä osa elementtisuunnittelua. Suunnittelijan on nosto-osia valitessa otettava huomioon elementin paino, muoto ja painopiste. Paino vaikuttaa nosto-osan kapasiteettiin. Muoto ja painopiste vaikuttavat nosto-osien sijoitukseen, sillä elementin tulee nousta suorassa asennossa. Nosto-osien sijoitus taas vaikuttaa nostokulmaan, mikä vaikuttaa niiden kapasiteettiin. [1, s. 7.]

Nosto-osat tulee sijoittaa riittävän etäälle elementin reunoista ja aukoista, jotta ne eivät murra elementin reunoja noston aikana. Nosto-osat tulee ottaa huomioon elementin raudoituksessa. Raudoituksen on oltava riittävä, jotta nosto-osa ei nostettaessa irtoa ja revimukaansa betonia. Myös nosto-osan ympäristön poikittaishalkeilu tulee estää. Jos elementin raudoitus ei ole riittävä, tulee elementtiin lisätä nosto-osien ympärille niille tarkoitettu lisäraudoitus. [1, s. 7.]

Jos elementin raudoitus on ruostumatonta terästä, tulee myös nosto-osien olla ruostumatonta terästä. Suunnittelijan kannattaa nosto-osia valitessaan myös huomioida työmaa valitsemalla sellaisia nosto-osia, jotka eivät edellytä osien katkaisua tai paikkausta työmaalla. Näin elementtien asennusta saadaan nopeutettua ja siten rakennuskustannuksia pienennettyä. [1, s. 7.]

2.4 Nostolenkkien sijainnin sallitut toleranssit

Nostolenkkien päiden ankkurointipituus saa alittaa korkeintaan 20 mm suunnitellun ankkurointipituuden. Punostenkillä vapaa väli betonin pintaan saa vaihdella ± 50 mm, kun nostopisteitä on yksi tai kaksi ja ± 20 mm, kun nostopisteitä on kolme tai enemmän. Pyöröteräslenkeillä sallittu vaihteluväli on ± 30 mm suunnitellusta mitasta. Nostoapulaitteita varten tulee jättää 80 mm väli betonin pinnan ja nostolenkin alareunan välille. [1, s. 16.]

Pitkien ja hoikkien elementtien kohdalla, kuten pitkät HI-palkit, on kiinnitettävä erityistä huomiota nostolenkkien sijaintiin sivusuunnassa kiepahdusriskin takia. Tällaisissa elementeissä sallittu mittapoikkeama sivusuunnassa on ± 20 mm. Myös ohuissa betonikuorissa nostolenkkien sijainti on tarkkaa, sallittu sivuttaissuuntainen mittapoikkeama on ± 10 mm. Pienellä betonipeitteellä sivulle suuntautuvan kartiomurron riski kasvaa. [1, s. 17.]

3 Varmuudet

Tässä opinnäytetyössä lähteenä käytetyn Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit 2010 -kirjan mitoitusohjeet ja varmuuskertoimet perustuvat betonirakenteiden suunnittelun eurokoodiin sekä tekniseen raporttiin CEN/TR 15728. Kirjan edellinen versio vuodelta 2003 perustui Suomen Rakentamismääräyskokoelman betonirakenteiden ohjeeseen B4, jossa nosto-osien varmuuskertoimeksi oli määritetty 4,0. [1, s. 8.]

3.1 Materiaalien osavarmuuskertoimet

Materiaalien osavarmuusluvulla otetaan huomioon nostolenkkeihin ja -ankkureihin vaikuttavan materiaalien murtokapasiteettien hajonnan vaikutus [1, s. 8]. Teräksen osavarmuuslukuun vaikuttaa teräslaatu sekä itse nosto-osa. Taulukossa 1 on esitetty teräksen ja taulukossa 2 betonin eurokoodin mukaiset osavarmuusluvut.

| Nosto-osan tyyppi | $f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ ja $f_{yk}/f_{uk} \leq 0,8$ | $f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2$ tai $f_{yk}/f_{uk} > 0,8$ |
|---|---|--|
| Teollisesti valmistetut nostojärjestelmät | Max (1,5; $1,2 f_{uk}/f_{yk}$) | 1,7 |
| Pyöröteräsnostolenkit | 2,0 | - |
| Jännepunokset | - | 1,8 |

Taulukko 1. Teräksen osavarmuusluvun γ_s arvot [1, s. 8].

Taulukossa f_{uk} tarkoittaa teräksen murtolujuutta ja f_{yk} teräksen myötölujuutta. Taulukon arvot edellyttävät, että teollisesti valmistetut nostojärjestelmät ovat CE-merkittyjä tai valmistajan laadunvalvonta on ympäristöministeriön hyväksymän toimielimen varmentamaa. Pyöröteräksestä valmistettujen nostolenkkien teräslaadun tulee vähintään olla S235J2+N. Pyöröteräsnostolenkkien lisäksi myös teollisesti harjateräksestä valmistetuilla nostolenkeillä tulee teräksen osavarmuusluku käyttää lukua 2,0, koska jo käyttörajatilan kuormilla niihin saattaa nostojen aikana tulla plastisia muodonmuutoksia. [1, s. 8.]

| Kuormitustapa | Osavarmuuskertoimen |
|-----------------------------|---------------------|
| Veto | 1,5 |
| Leikkaus | 1,5 |
| Yhdistetty veto ja leikkaus | 1,5 |

Taulukko 2. Betonin osavarmuuskertoimen γ_c arvot [1, s. 9].

Nostolenkin betonin ulkopuolinen osa kohdistuu vedon lisäksi myös leikkaukselle ja taivutukselle. Nostolenkkeihin myös muodostuu plastisia muodonmuutoksia jo käyttörajatilan kuormilla. Nostolenkit mitoitetaan vain vedolle, joten leikkaus ja taivutus otetaan huomioon tavanomaista rakenteiden mitoitusta suuremmilla osavarmuuskertoimilla. Nostolosien mitoituksessa betonin lujuutena käytetään elementin nostohetken betonin lujuutta, koska betoni ei ole vielä elementtiä tehtaalla ensimmäistä kertaa nostettaessa saavuttanut täyttä lujuuttaan. Lujuuden tulee kuitenkin elementtiä siirrettäessä ja nostettaessa olla vähintään 70 % betonin nimellislujuudesta, ellei suunnittelija toisin määritä ja laskelmin toisin osoiteta. [1, s. 9.]

3.2 Kuormien osavarmuusluvut

Pysyvien kuormien osavarmuusluku $\gamma_G = 1,15$ ja muuttuvien kuormien osavarmuusluku $\gamma_Q = 1,5$. Muuttuvien kuormien osavarmuuslukua käytetään sysäyksille sekä muotista nostettaessa aiheutuville kuormille. Levymäistä elementtiä ei-käännettävästä vaakamuotista pystyyn nostettaessa tulee ottaa huomioon muotin imuvaikutus, joka riippuu elementtityypistä ja muottimateriaalista. Tällöin kuorma lasketaan kaavasta 1.

$$E_d = \gamma_G * G + \gamma_Q * q_{adh} * A_f, \quad (1)$$

jossa G on elementin omapaino, A_f on muotin ja elementin kontaktipinta-ala ja q_{adh} tartuntavoima, joka ottaa huomioon adheesion ja kitkan yhteisvaikutuksen. Jos muottipinta on voimakkaasti kuvioitu, voi tartuntavoima kasvaa elementin painoon nähden jopa kaksinkertaiseksi. [1, s. 9.] Taulukossa 3 on esitetty tartuntavoima q_{adh} arvot eri muottityypeillä.

| Muotin tyyppi | Tartuntavoima q_{adh} |
|---------------------------|-------------------------|
| Öljytty teräsmuotti | 1 kN/m ² |
| Sileäpintainen puumuotti | 2 kN/m ² |
| Karkeapintainen puumuotti | 3 kN/m ² |

Taulukko 3. Adheesion ja kitkan yhteisvaikutuksen huomioon ottava tartuntavoima [1, s. 9].

Elementin nostotapa vaikuttaa nosto-osien kuormituksiin. Noston aikainen mitoituskuorma lasketaan kaavasta 2.

$$E_d = \gamma_G * G + (\Psi_{dyn} - 1) * \gamma_Q * G, \quad (2)$$

jossa Ψ_{dyn} on dynaaminen kerroin, joka riippuu elementin nostotavasta. [1, s. 9–10.] Dynaamisen kertoimen arvot on esitetty taulukossa 4.

| Nostotapa | Dynaaminen kerroin Ψ_{dyn} |
|--|---------------------------------|
| Torni- tai siltanosturi | 1,2 |
| Autonosturi | 1,4 |
| Liikkuva nosturi tasaisessa maastossa | 2,0 – 2,5 |
| Liikkuva nosturi epätasaisessa maastossa | 3,0 – 4,0 |

Taulukko 4. Dynaamisen kertoimen Ψ_{dyn} arvot eri nostotavoilla [1, s. 10].

Torni- ja siltanosturia sekä autonosturia käytettäessä dynaamisen kertoimen arvot voivat olla alempia tehdasolosuhteissa sekä työmaalla erityisjärjestelyin. Kuormien osavarmuuk-sien kokonaisarvo γ_L saadaan kaavasta 3.

$$\gamma_L = \gamma_G + (\Psi_{dyn} - 1) * \gamma_Q. \quad (3)$$

Jos elementti nostetaan ilman tasauspalkkia, kohdistuu nosto-osiin vino vetorasitus, joka kasvaa haarakulman β kasvaessa. Nosto-osaan vaikuttava vino vetorasitus lasketaan kaavasta 4.

$$F = V / \cos(\beta/2). \quad (4)$$

Kun merkitään $z = 1/\cos(\beta/2)$, saadaan kaava muutettua yksinkertaisemmaksi kaavaksi 5.

$$F = V * z, \quad (5)$$

jossa kertoimen z arvo valitaan taulukosta 5.

| β | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° | 105° | 120° |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| z | 1,00 | 1,01 | 1,03 | 1,08 | 1,15 | 1,26 | 1,41 | 1,64 | 2,00 |

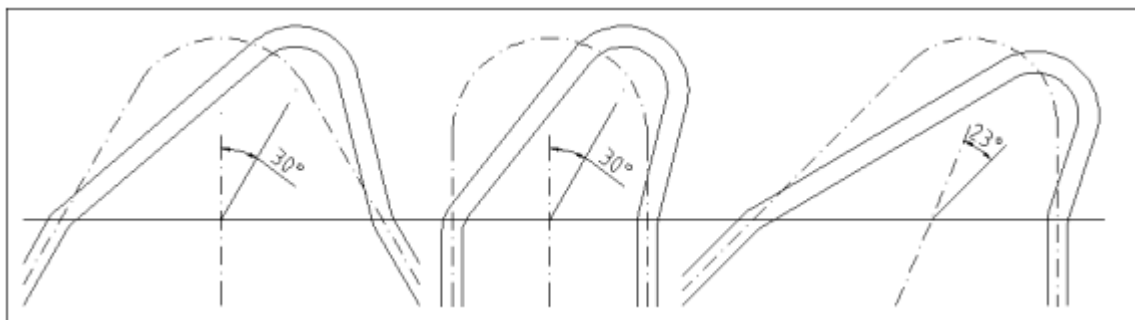
Taulukko 5. Kerroin z nosto osaan kohdistuvan voiman laskemiseksi haarakulman β arvoilla [1, s. 11].

Kaksipistenostoissa nosto-osien sijaitessa symmetrisesti elementin painopisteen suhteen nosto-osiin vaikuttava voima lasketaan kaavalla 6.

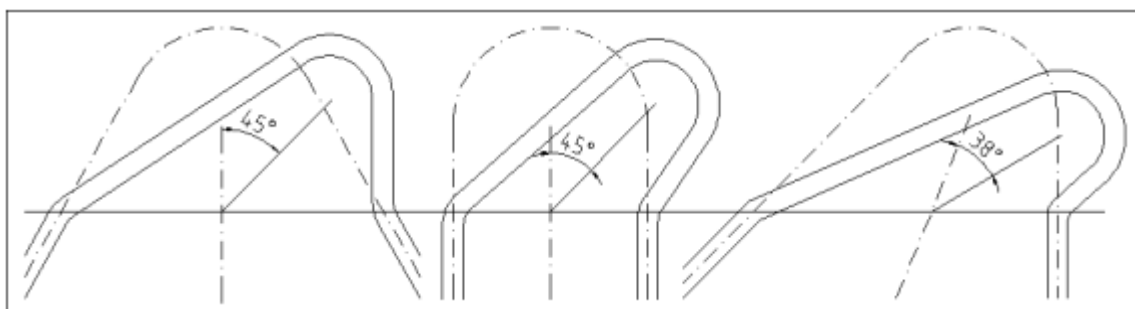
$$F = G/2 * z. \quad (6)$$

Haarakulman sallittu maksimi-arvo on 120°, mutta suositeltu enimmäisarvo on 90°. Jos haarakulma ylittää 90°, on se oltava tiedossa nosto-osien mitoitus- ja valmistusvaiheessa. Nostokulman suositeltavat maksimi-arvot vaihtelevat nosto-osan tyypin mukaan. [1, s. 11.]

Nosto-osaan kohdistuva voima riippuu noston kulmasta ja suunnasta sekä mahdollisesta nostolenkin muodonmuutoksesta noston aikana. Voimien voidaan olettaa jakautuvan tasaisesti nostolenkin molempiin haaroihin, jos nostokulma on enintään 30° kuvan 2 mukaisesti. [1, s. 13.]

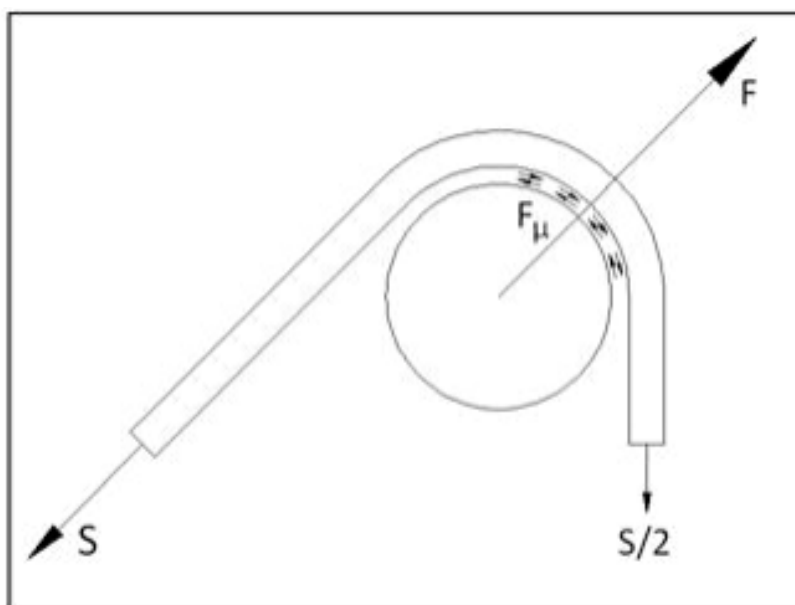


Kuva 2. Nostolenkkejä, joiden nostokulma on enintään 30° [1, s. 13].



Kuva 3. Nostolenkkejä, joiden nostokulma on enintään 45° [1, s. 13].

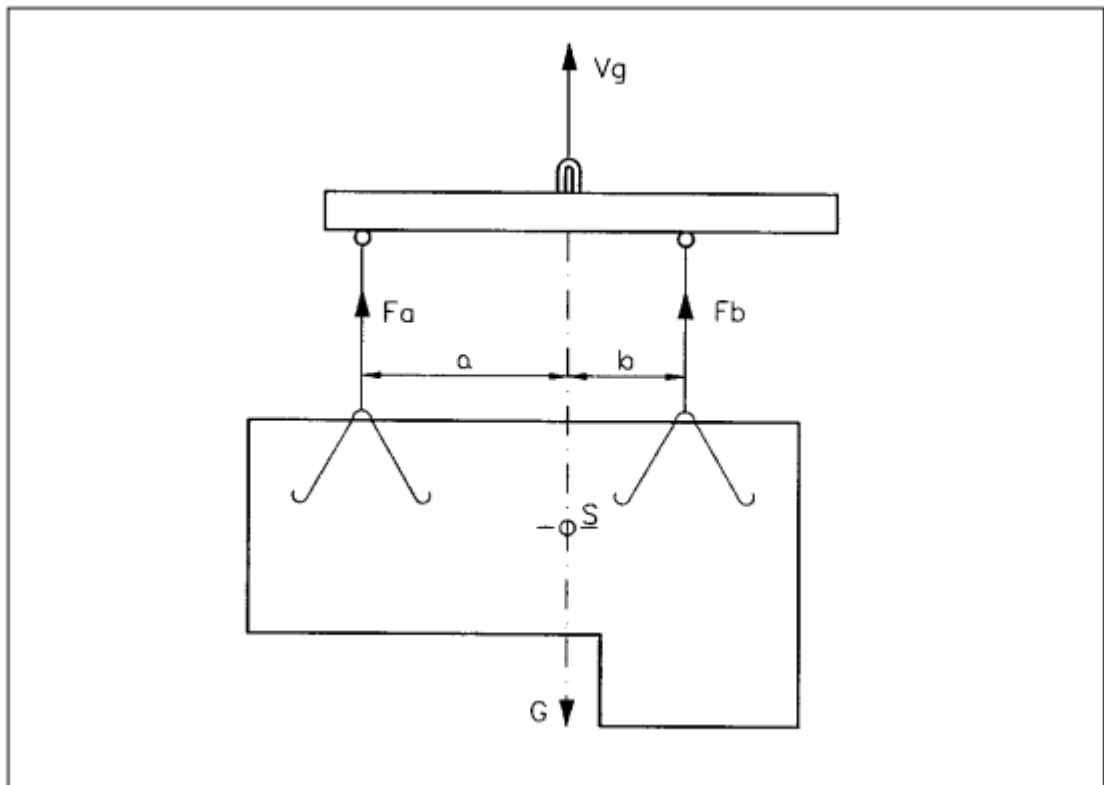
Jos nostokulma ylittää 30° kuvan 3 mukaisesti, voidaan nostolenkin taivutusjäykkyydestä sekä nostolenkin ja nostoapulaitteen välisestä kitkasta johtuen olettaa nostolenkin toisen haaran vetovoiman olevan pienempi. Nostokulman ollessa 45° nostolenkin toisen haaran vetovoima on 50 % toisen haaran vetovoimasta kuvan 4 mukaisesti. [1, s. 14.]



Kuva 4. Vetovoiman jakautuminen nostolenkin haaroille nostokulman ollessa 45° [1, s. 14].

4.2 Kuormien epätasainen jakautuminen

Kuormat jakautuvat epätasaisesti, jos nostoelimet sijaitsevat epäsymmetrisesti suhteessa elementin painopisteeseen. Myös nosto neljästä tai useammasta pisteestä ilman nostopalkkia aiheuttaa kuormien epätasaista jakautumista. Jos käytetään nostopalkkia, voivat nostoelimet sijaita painopisteen suhteen epäsymmetrisesti. Nostopalkin nostokorvakkeen on kuitenkin sijoitettava elementin painopisteakselilla. Jos nostopalkkia ei käytetä, tulee nosto-osien olla symmetrisesti sijoitettuna elementin painopisteeseen nähden kuvan 5 mukaisesti. [1, s. 12.]



Kuva 5. Kuorman epätasainen jakautuminen nostopalkilla nostettaessa [1, s. 12].

Voimasuure F_a lasketaan kaavalla 7.

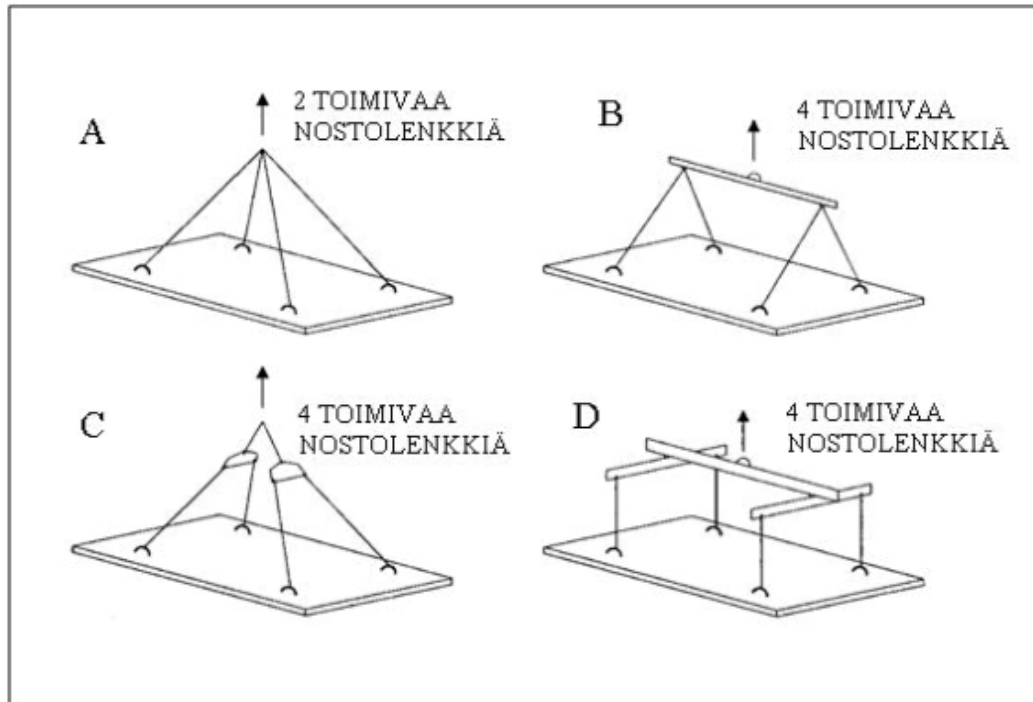
$$F_a = G * b / (a + b). \quad (7)$$

Voimasuure F_b lasketaan kaavalla 8.

$$F_b = G * a / (a + b). \quad (8)$$

Jos elementti nostetaan neljästä pisteestä ilman nostopalkkia tai kolmiotasauslevyjä, lasketaan toimiviksi nostoelimiksi vain kaksi vastakkaista nostoelintä (kuva 6A). Tämä johtuu

siitä, että todellisuudessa haaraketjut eivät ole koskaan täysin samanpituisia. Jos yksi haara on pidempi kuin muut, kuorma ei sen kautta pääse nosto-osalle ja se myös keven-
tää vastakkaisen nosto-osan kuormaa. Tällöin elementti jää "keikkumaan" kahden haaran
varaan. Kaikki neljä nostoelintä voidaan laskea toimiviksi, jos käytetään nostopalkkia tai
kolmiotasauslevyjä (kuva 6B, 6C, 6D). [1, s. 12.]



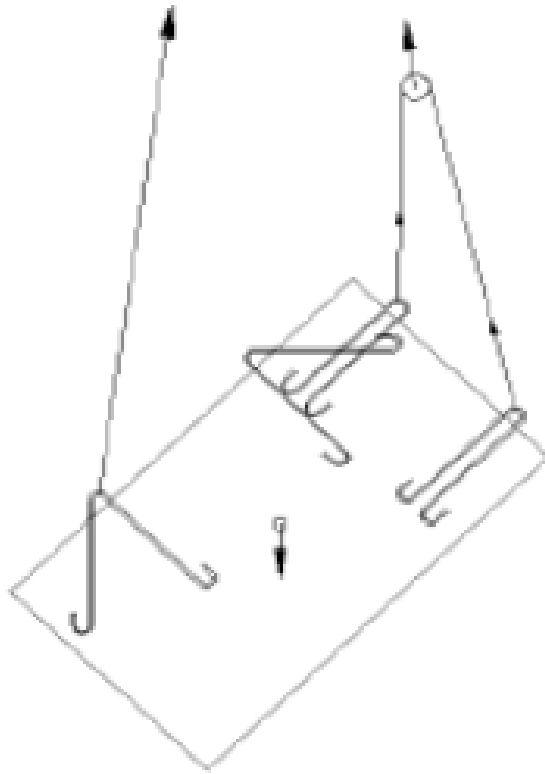
Kuva 6. Nelipistenosto [1, s. 13].

4.3 Elementin kääntäminen ilmassa

Jotkut elementit voivat olla liian korkeita käsiteltäviksi ja kuljetettaviksi pystyasennossa. Tällaisia elementtejä voivat olla esimerkiksi liike- ja teollisuusrakennusten seinäelementit. Korkeita elementtejä ei välttämättä mahdu tehtaalla nostamaan pystyasennossa tai ne eivät mahdu hallista ulos. Niitä ei myöskään voi kuljettaa pystyasennossa korkeutensa vuoksi. Ilmassa käännettävään elementtiin asennetaan nostolenkit sekä kylkeen että päättyyn, jolloin elementtiä voidaan käsitellä molemmin päin.

Elementin kääntö ilmassa tehdään kääntöpyörän kautta kulkevan vaijerin avulla. Kääntö voidaan tehdä kahdella nosturilla tai yhdellä nosturilla, joka on varustettu kahdella nosto-
vaijerilla ja kahdella vinssillä. Elementin nostossa kääntö voidaan tehdä suoraan kuor-

masta nostettaessa tai elementin ollessa varastoituna elementtipukilla. Kääntöpyörän vaijerit kiinnitetään elementin päädyssä oleviin nostolenkkeihin ja apuvinssin tai toisen nosturin nostoraksi kiinnitetään alempaan pitkällä kyljellä olevaan nostolenkkiin kuvan 7 mukaisesti. Elementti käännetään nostamalla päävinssillä kääntöpyörää. Tarvittaessa nostetaan myös apuvinssillä pitkän sivun alemmasta nostolenkistä, ettei elementin alakulma pääse ottamaan maahan kiinni. [1, s. 14.]



Kuva 7. Elementin kääntö ilmassa [1, s. 14]

Elementin pitkän sivun toinen nostolenkki, jota ei elementin kääntöön tarvita, kannatta katkaista pois jo ennen nostoa, jotta sitä ei tarvitse katkaista myöhemmin käyttäen henkilönostinta [1, s. 14]. Nostolenkin betonista ulkoneva osa ei saa olla liian pitkä, jotta nostolenkki ei pääse taipumaan kahteen kertaan jolloin se saattaa katketa [1, s. 15].

Nostolenkin yhden haaran kestävyys murtorajatilassa lasketaan kaavalla 9.

$$N_{Rd} = A_s * f_{uk} / \gamma_s, \quad (9)$$

jossa A_s on teräksen poikkileikkauksen pinta-ala, f_{uk} on teräksen murtolujuus ja γ_s on teräksen osavarmuusluku. [1, s. 17.]

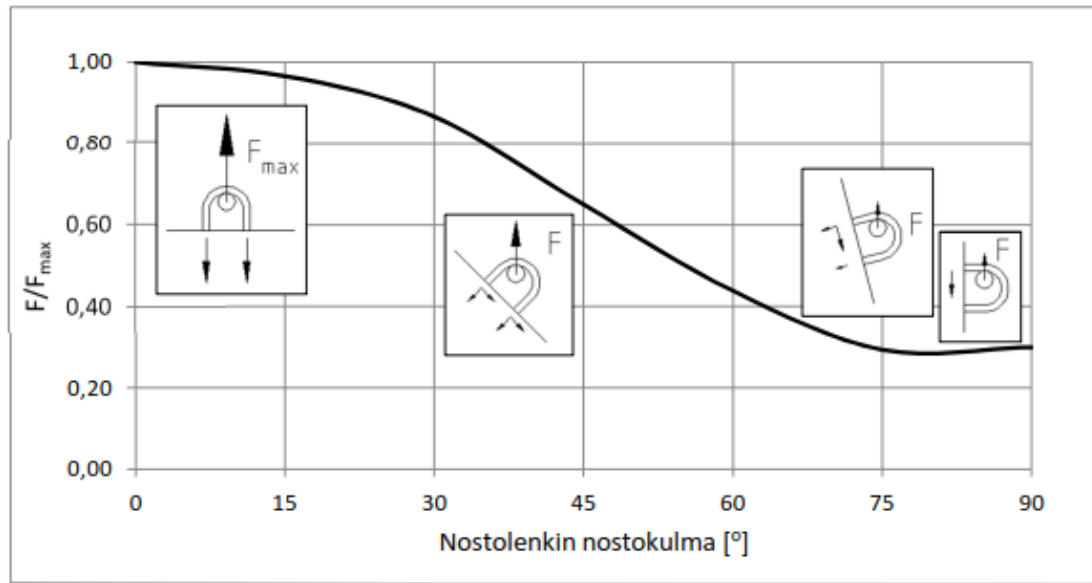
Elementin käännön aikana nostokulma voi olla jopa 90° . Tällöin nostolenkkiin kohdistuva voima välittyy betoniin vain nostolenkin toisen haaran leikkausvoimana [1, s. 15]. Leikkausvoimakestävyys lasketaan kaavalla 10.

$$V_{Rd} = A_s * 0,6 * f_{uk} / \gamma_s. \quad (10)$$

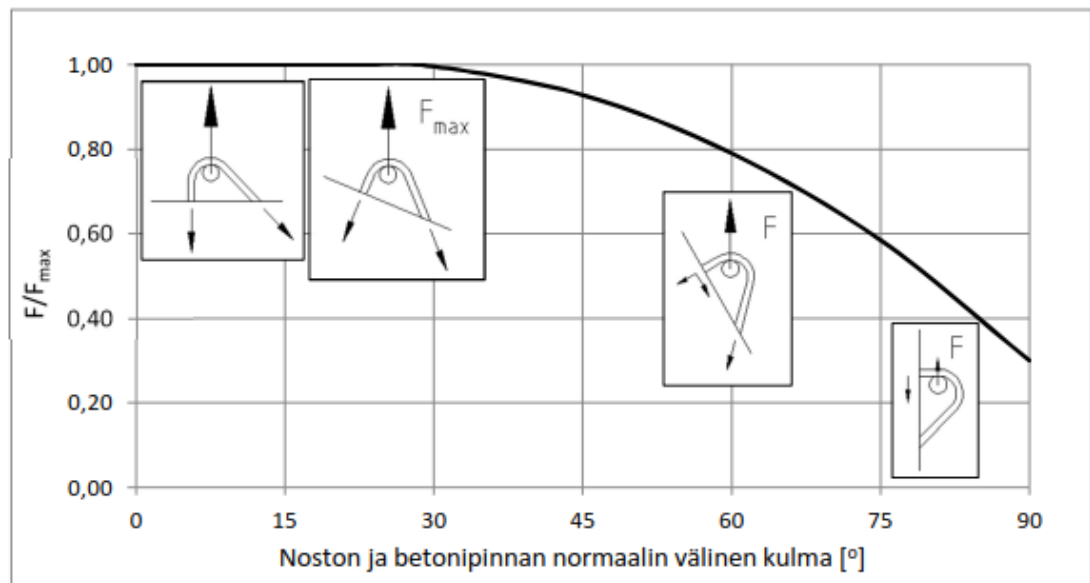
Noston suunnan ollessa sellainen, että nostolenkin toinen haara taittuu betonipinnan läheisyydessä enemmän kuin 30° , voidaan arvioida leikkaus- ja normaalivoimien yhteisvaikutusta [1, s. 17]. Leikkaus- ja normaalivoimien yhteisvaikutusta arvioidaan kaavalla 11.

$$\frac{V_d}{V_{Rd}} + \frac{N_d}{1,4 * N_{Rd}} \leq 1,0. \quad (11)$$

Käännön alkaessa pitkän sivun alempi nostolenkki kantaa 70 % elementin painosta ja se voidaan mitoittaa käyttämällä 1,4-kertaista kuormitusta. Päädyn nostolenkit kantavat noston alussa yhteensä 30 % elementin painosta ja niiden nostokulma on 90° , jolloin niiden kestävyys on alhaisimmillaan. Noston edetessä ne kantavat lopulta elementin koko painon, mutta niiden nostokulma pienenee, jolloin niiden kapasiteetti kasvaa. Vastaavasti pitkän sivun alemman nostolenkin kuormitus pienenee, mutta nostokulman kasvaessa sen kapasiteetti myös pienenee. Koska päädyn lenkit kantavat alussa vain 30 % elementin painosta, mitoitetaan ne käännön lopussa olevalle 100 % kuormalle. Käännön aikaisen nostokulman muutoksen vaikutus nostolenkin kapasiteettiin on esitetty kuvissa 8 ja 9. Pitkän sivun toista nostolenkkiä ei tarvita kääntämiseen, joten se mitoitetaan vain pystysuoralle kuormalle. [1, s. 43.]



Kuva 8. Käännön aikaisen nostokulman muutoksen vaikutus NA-tyypin nostolenkin kapasiteettiin [1, s. 15].



Kuva 9. Käännön aikaisen nostokulman muutoksen vaikutus NB-tyypin nostolenkin kapasiteettiin [1, s. 15].

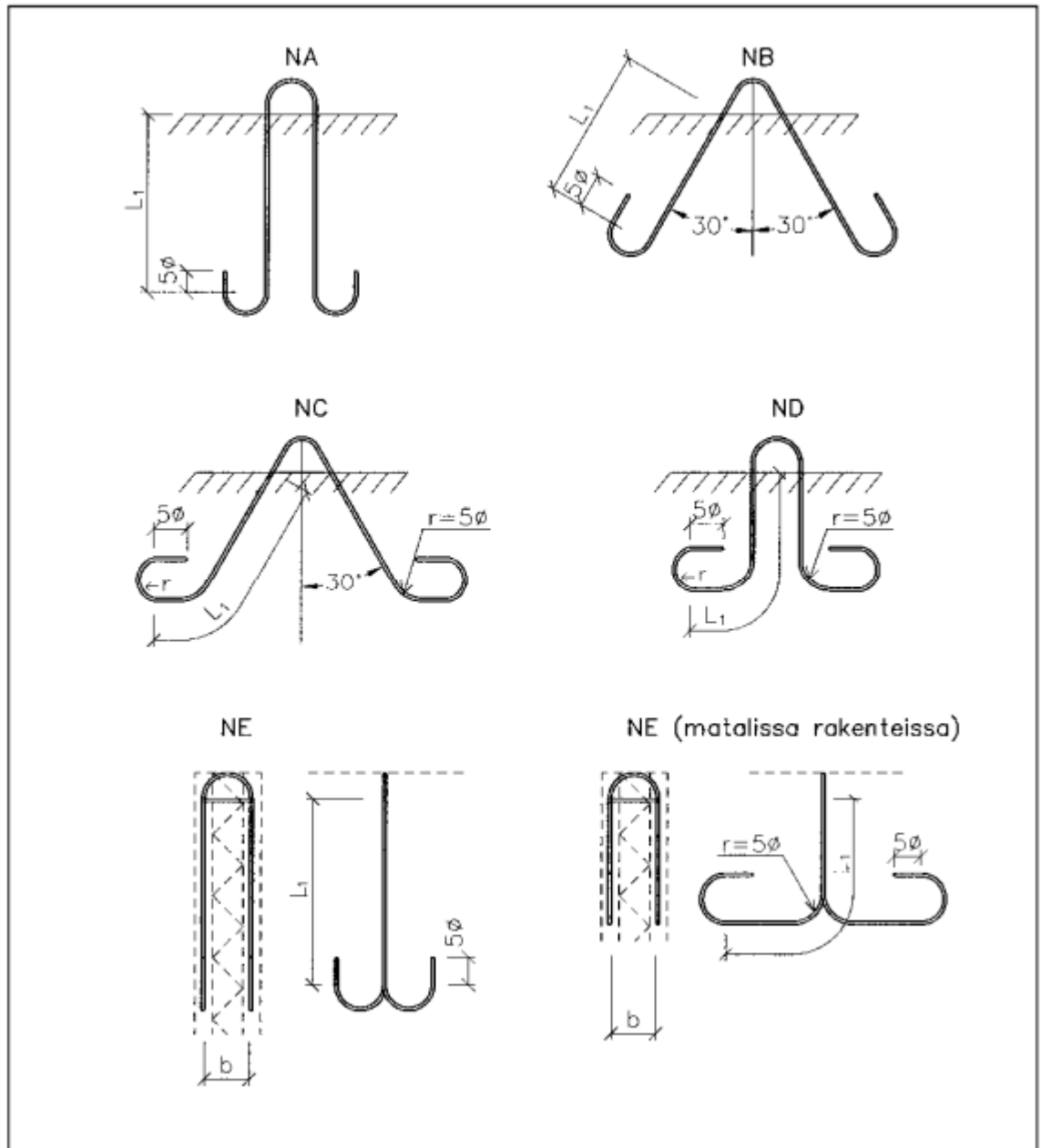
5 Pyöröteräksestä valmistetut nostolenkit

Pyöröteräsnostolenkit valmistetaan rakenneteräslaaduista S235J2+N ja S355J2+N (EN10025:2004) tai ruostumattomista teräksistä 1.4301 (AISI 304) ja 1.4404 (AISI 316) (EN 10088). Nostolenkkien valmistuksessa voidaan käyttää myös muita teräslaatuja, jos niiden varmuus on todettu hyväksytyn tutkimuslaitoksen kokeilla. Nostolenkeissä käytettävissä teräksissä erittäin tärkeä ominaisuus on sitkeys suurten muodonmuutosten vuoksi. [1, s. 16].

5.1 Taivutustyytit

Kuvassa 10 on esitetty pyöröteräsnostolenkkien suositeltavat taivutusmallit. Pilari- ja palkkielementtien sekä kantavien seinäelementtien nostoon soveltuvat taivutustyytit NA-ND. Sandwich-elementtien nostoon soveltuu tyyppi NE. Nostolenkkien päatekoukkujen taivutussäde on $R = 2,5 * \emptyset$. Jos käytetään korkean lujuuden omaavia teräslaatuja S335J2+N ja 1.4301, on päatekoukkujen taivutussäde $R = 5 * \emptyset$. On suositeltua käyttää suurempaa taivutussädettä myös teräslaadusta S235J2+N tehdyille, esimerkiksi NE tyytin nostolenkeille, jotka ovat betonielementin ohuuden vuoksi alttiita halkaisuvoimille. Näin pyöröteräsnostolenkin kapasiteetti saadaan paremmin hyödynnettyä. [1, s. 17–18.]

Pyöröteräsnostolenkin ankkurointipituuden matkalla tehtävien taivutussäde on $R = 5 * \emptyset$ taivutustyypeissä NC, ND ja NE. Jos nostolenkkeihin tarvitaan tehdä lisätaivutuksia, esimerkiksi elementissä olevien aukkojen vuoksi, on taivutussäde myös $R = 5 * \emptyset$. Jos lisätaivutuksia tehdään, on varmistettava rakenteen kantokyky ja tarvittaessa käytettävä lisäraudoitusta [1, s. 18.]



Kuva 10. Pyöröteräksisten nostolenkkien taivutustyyppit [1, s. 18].

5.2 Tartuntapituus

Päätekoukulla varustetun pyöröteräsnostolenkin tartuntapituuden suositusarvot betonin eri nostohetken lujuuksille on esitetty taulukossa 6. Betonin vetolujuus kasvaa suhteessa termiin $f_{ck}^{2/3}$ ja pyöröterästangon tartuntalujuus kasvaa suhteessa termiin $f_{ck}^{1/2}$. Taulukossa esitettyjä L_1 -pituuksien suositusarvoja on suurennettu korkeammilla betonien lujuuksilla edellä mainittujen termien suhteella. [1, s. 19.]

| Betoinin lieriölujuus f_{ck} elementin nostohetkellä | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ø [mm] | 12 [MPa] | 16 [MPa] | 20 [MPa] | 25 [MPa] | 30 [MPa] | 35 [MPa] | 40 [MPa] | 45 [MPa] | 50 [MPa] |
| 10 | 650 | 550 | 470 | 420 | 360 | 310 | 300 | 280 | 260 |
| 12 | 780 | 650 | 470 | 510 | 430 | 370 | 340 | 330 | 320 |
| 16 | 1040 | 870 | 750 | 680 | 570 | 500 | 470 | 440 | 410 |
| 20 | 1300 | 1090 | 950 | 840 | 720 | 620 | 570 | 550 | 510 |
| 25 | 1630 | 1370 | 1190 | 1050 | 920 | 790 | 720 | 690 | 650 |
| 32 | 2080 | 1740 | 1520 | 1350 | 1140 | 990 | 920 | 880 | 830 |

Taulukko 6. L_1 – pituuden suositusarvot (mm) betonin pinnasta koukun kaarevan osan alkukohtaan [1, s. 19].

Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit 2010 -kirjan liitteiden B ja C tutkimustulosten mukaan pelkkä päätekoukku, jonka taivutussäde $R = 2,5 * \varnothing$, riittää ankkuroimaan pyöröteräksisen tangon murtokuormalla, kun murtokuorman vaikutuksesta tangon suoran osan tartunta on hävinnyt. Tästä johtuen määräävä murtotapa on betonin kartiomurto elementin yläpinnasta noston aikana tai elementin sivupinnasta ohuissa levyissä, kuten kuorielementeissä. Tämän tiedon perusteella tartuntapituuden laskemiselle ei voida esittää yksinkertaista menetelmää. [1, s. 19 ja s. 68–71.]

Päätekoukun ollessa riittävän syvällä ja betonipeitteen paksuus sivuilla on kartiomurron kannalta riittävä, ei tartuntapituuden kasvattamisella ole merkitystä kapasiteetin kannalta murtoon saakka kuormitettaessa. Tästä johtuen teräslaaduille S235J2+N ja S355J2+N sekä korkeamman lujuusluokan ruostumattomille teräksille voidaan käyttää samoja tartuntapituuksien suositusarvoja. Jos tartuntapituuksille käytetään suositusta pienempiä arvoja, täytyy suunnittelijan tehdä mitoituslaskelmat betonin mahdollisille murtotavoille. [1, s. 19.]

5.3 Mitoitus vetomurtoa vastaan

Pyöröterästankoon kohdistuva vetomurtokuorma lasketaan teräslaadun murtorajan ominaisarvon mukaan. Murtolujuuden mitoitusarvo on 360 N/mm² teräslaadulle S235 ja 510 N/mm² teräslaaduille S355 ja 1.4301. [1, s. 20.]

5.4 Betonin murtuminen ohuissa levyissä

Pyöröteräksisiä nostolenkkejä ohuissa levymäisissä betonielementeissä käytettäessä on huomioitava nostolenkin päätekoukun aiheuttama halkaisuvoima. Betonin murtuminen päätekoukun tasosta ulospäin aiheuttaa nostolenkin kapasiteetin pienenemistä. [1, s. 20.] Ohuessa kuoressa vetovoiman redusoitu mitoitusarvo lasketaan kaavalla 12.

$$N_{Rd, reduced} = k_{grade} * N_{Rd}, \quad (12)$$

jossa N_{Rd} on pyöröteräksen vetovoiman mitoitusarvo ja pienennyskerroin k_{grade} lasketaan teräslaadusta riippuen joko kaavalla 13. tai 14.

$$k_{S235} = \min\left(\frac{c}{3,2 * \emptyset}; 1,0\right) \quad (13)$$

tai

$$k_{S355, 1.4301} = \min\left(\frac{c}{3,2 * \emptyset}; 1,0\right) \quad (14)$$

missä c on betonipeitteen paksuus ja \emptyset pyöröteräksen halkaisija. [1, s. 20.]

Taulukkoon 7 on kaavoja hyväksi käyttäen listattuna sellaiset kuoren paksuudet, joissa kuoreen nähden keskeisesti sijoitettujen nostolenkkien täysi kapasiteetti voidaan hyödyntää ilman betonin murtumia nostolenkin teräslaadusta ja teräksen halkaisijasta riippuen.

| | Pyöröteräksen halkaisija Ø [mm] | | | | | | |
|------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 | 25 | 32 |
| Teräslaatu | Kuoren paksuus t [mm] | | | | | | |
| S235 | 75 | 90 | 105 | 120 | 150 | 185 | 240 |
| S355 | 100 | 120 | 140 | 160 | 200 | 250 | 320 |

Taulukko 7. Kuorten paksuudet, joilla keskeisesti sijoitetuin nostolenkein täysi kapasiteetti on hyödynnettävissä [1, s. 20].

5.5 Lämpölaajeneminen

Kun käytetään ruostumattomasta pyöröteräksestä valmistettuja nostolenkkejä, tulee huomioida teräksen ja betonin erisuuruinen pituuden lämpötilakerroin. Teräksen pituuden lämpötilakertoimen ollessa betonin pituuden lämpötilakerrointa suurempi, syntyy nostolenkin ympärillä olevaan betoniin jännitys, joka saattaa aiheuttaa halkeilua lämpötilan noustessa korkeammaksi kuin elementin valmistuslämpötila. Lämpötilan nousun ollessa korkeintaan 15 °C, ei halkeiluvaaraa esiinny. Lämpötilan nousun ollessa tätä korkeampi tulee ohuissa elementeissä (≤ 100 mm) paksujen tankojen Ø20 ja Ø25 käyttöä välttää. [1, s. 21.]

5.6 Sallitut nostokulmat

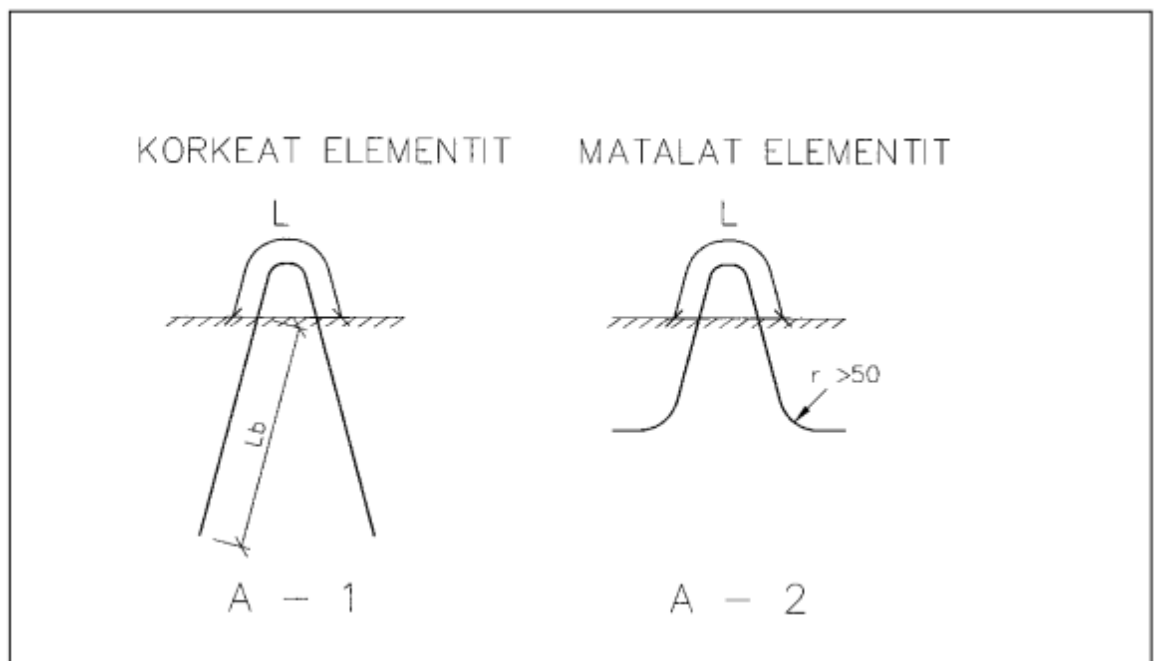
Pyöröteräsnostolenkkien suositellut nostokulmat ovat $\pm 30^\circ$ nostolenkin symmetria-akselista. Suositellut nostokulmat voidaan ylittää, jolloin niiden kapasiteetti pienenee merkittävästi. Elementtiä ilmassa käännettäessä suositellut nostokulmat ylittyvät, mutta se huomioidaan nostolenkkien kapasiteettia pienentämällä. Nostokulman kasvattamisen yli suositellun sijaan on kannattavampaa kallistaa koko nostolenkkiä, jolloin nostokulma voidaan pitää pienempänä. [1, s. 21.] Kuitenkin ilmassa käännettävissä elementeissä nostokulma voi mennä yli suositellun, vaikka nostolenkki olisikin kallistettu.

6 Jännepunoksista valmistetut nostolenkit

Jännepunosnostolenkit valmistetaan kylmänä vedetystä St1550/1770 tai St1630/1860 lujuuskuokan jännepunoksista [1, s. 16]. Elementeistä, joissa käytetään jännepunoksia, jää yli lyhyitä ylimääräisiä pätkiä, jotka ovat liian lyhyitä elementeissä käytettäviksi, mutta niistä voidaan tehdä nostolenkkejä.

6.1 Taivutustyytit

Kuvassa 11 on esitetty jännepunoslenkkien suositellut taivutustyytit. Lenkin ulkonevan osuuden pituus L on oltava vähintään 250 mm ja lenkin taivutussäteen r on oltava vähintään 50 mm [1, s. 26].



Kuva 11. Jännepunoslenkkien taivutustyytit [1, s. 26].

6.2 Tartuntapituus

Jännepunoslenkkien tartuntapituus lasketaan eurokoodin mukaisesti. Tartuntajännitys lasketaan kaavalla 15.

$$f_{bpt} = \eta_{p1} * \eta_1 * f_{ctd}, \quad (15)$$

jossa f_{ctd} on betonin vetolujuuden mitoitusarvo, kertoimelle η_{p1} käytetään arvoa 1,7, kertoimelle η_1 käytetään hyvissä tartuntaolosuhteissa arvoa 1,0 ja muulloin arvoa 0,7. Tartuntapituus lasketaan kaavalla 16.

$$l_{pt} = \alpha_1 * \alpha_2 * \emptyset * \sigma_p / f_{bpt}, \quad (16)$$

jossa $\alpha_1=1,0$, $\alpha_2=0,19$ 7-lankaiselle punokselle, \emptyset on jännepunoksen nimellishalkaisija ja σ_p on teräksen jännitys, joka lasketaan kaavalla 17.

$$\sigma_p = f_{uk} / \gamma_s, \quad (17)$$

jossa f_{uk} on teräksen murtolujuus ja γ_s on teräksen osavarmuusluku. [1, s. 26.]

Taulukossa 8 on laskettu ankkurointipituudet punoksen maksimikuormille. Pituuksissa on huomioitu 50 mm asennustoleranssi ja arvot on pyöristetty ylöspäin tasalukuihin.

| Betonin lieriölujuus f_{ck} elementin nostohetkellä | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| \emptyset [mm] | 12 [MPa] | 16 [MPa] | 20 [MPa] | 25 [MPa] | 30 [MPa] | 35 [MPa] | 40 [MPa] | 45 [MPa] | 50 [MPa] |
| Hyvät tartuntaolosuhteet | | | | | | | | | |
| 9,3 | 1500 | 1250 | 1100 | 900 | 800 | 750 | 700 | 650 | 600 |
| 12,5 | 1900 | 1600 | 1400 | 1200 | 1100 | 1000 | 900 | 850 | 800 |
| Huonot tartuntaolosuhteet | | | | | | | | | |
| 9,3 | 2050 | 1700 | 1500 | 1300 | 1150 | 1050 | 950 | 900 | 850 |
| 12,5 | 2750 | 2250 | 1950 | 1700 | 1500 | 1350 | 1250 | 1150 | 1100 |

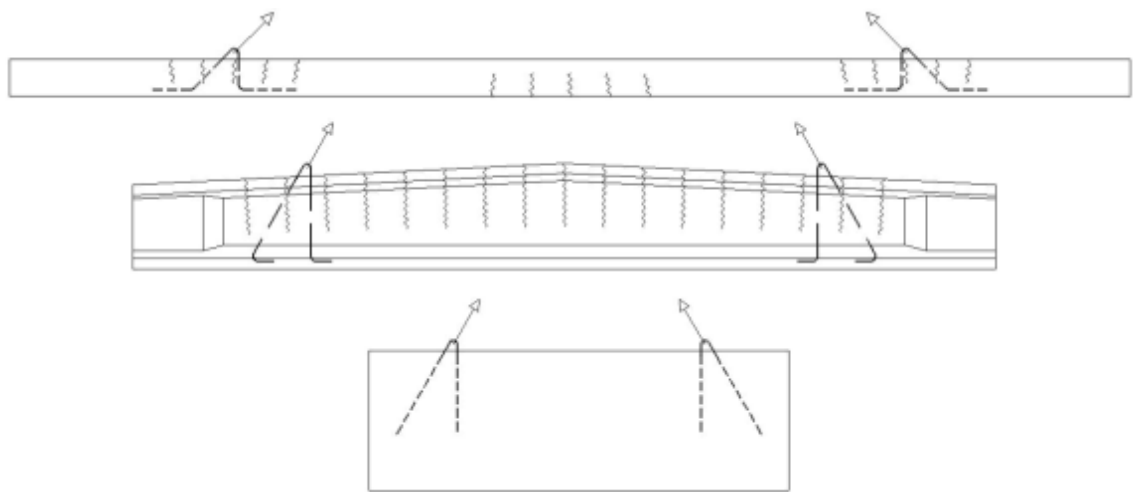
Taulukko 8. Punosten St1550/1770 tartuntapituudet, kun teräksen jännitys on f_u / γ_s [1, s. 27].

Hoikkien pilarien kohdalla on perusteltua laskea tartuntapituus huonoissa tartuntaolosuhteissa, koska niihin voi noston aikana syntyä halkeamia. Jännitetyssä HI-palkissa alapinta

on puristettu ja punosten laukaisun jälkeen yläpinta on vedetty, jolloin siihen syntyy halkeamia jo ennen nostoa (kuva 12). Tällöin HI-palkin yläpinnan tartunta on huono. Seinäelementeissä on yleensä hyvät tartuntaolosuhteet, ellei siinä ole aukkojen tai erikoisten muotojen takia syntyneitä halkeamia. Halkeilua voidaan arvioida laskemalla taivutusmomenttijakauma elementin omasta painosta. Halkeilun alkamiseen saakka voidaan betonin olettaa toimivan kimmoteorian mukaisesti, jolloin vetojännitys lasketaan kaavalla 18.

$$\sigma_d = M_d/W, \quad (18)$$

jossa W on poikkileikkauksen taivutusvastus. Betonin vetolujuuden f_{cta} ylittyessä voidaan olettaa tartuntaolosuhteiden olevan huonot. [1, s. 27–28.]



Kuva 12. Punoslenkkien tartuntaolosuhteet erilaisissa elementeissä [1, s. 27].

6.3 Mitoitus vetomurtoa vastaan

Jännepunosnostolenkin yhden haaran kestävyysmitoitussarvo lasketaan kaavalla 19.

$$N_{Rd,s} = k_1 * k_2 * A_s * f_{uk} / \gamma_s, \quad (19)$$

jossa nostoapulaitteen kaarevuudesta riippuvan kertoimen k_1 arvo luetaan taulukosta 10 ja punosnippujen kapasiteetin redusointikertoimen k_2 arvo taulukosta 11.

Taulukossa 9 on esitetty punoksen poikkipinta-alan suhde punoksen halkaisijaan.

| | | | |
|--|-----|------|------|
| Punoksen halkaisija [mm] | 9,3 | 12,5 | 12,9 |
| Punoksen poikki-pinta-ala [mm ²] | 52 | 93 | 100 |

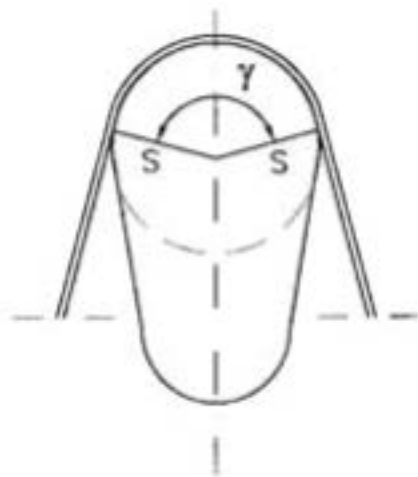
Taulukko 9. Punoksen poikkipinta-ala eri halkaisijoilla [1, s. 28].

6.4 Nostoapulaitteen vaikutus

Punos murtuu yleensä säikeittäin. Nostoapulaitteen nostopinnan kaarevuus vaikuttaa punoslenkin kestävyYTEEN. Pienemmällä nostoapulaitteen halkaisijalla ja kaarevuudella punoksien säikeiden murtuminen vaatii vähemmän voimaa kuin suuremmalla halkaisijalla ja kaarevuudella. Taulukossa 10 nostoapulaitteen nostopinnan kaarevuus huomioidaan kertoimella k_1 , joka riippuu nostoapulaitteen kaarevuussäteestä s tai nostoapulaitteen nostolenkkiin tukeutuvan osan keskuskulmasta γ . Kaarevuussäteen ollessa muuttuva käytetään kaarevuussäteen arvona 60 asteen keskuskulmaa vastaavaa keskimääräistä kaarevuussädettä. [1, s. 28.]

| Halkaisija $2*s$ [mm] | 25 tai $\gamma \leq 60^\circ$ | 50 | ≥ 75 |
|-----------------------|-------------------------------|------|-----------|
| k_1 | 0,65 | 0,80 | 0,90 |

Taulukko 10. Nostoapulaitteen kaarevuudesta riippuva kerroin k_1 [1, s. 28].



Kuva 13. Nostoapulaite [1, s. 28].

6.5 Punosten niputtaminen

Niputetun lenkkiryhmän kanssa tulee aina käyttää samaan aikaan taivutettavaa teräsholkkia. Tällöin nostoapulaitteen halkaisijan on vähintään oltava 65 mm. Jos punoslenkki on varustettu teräsholkilla, voidaan sallittua kuormaa korottaa 25 % yhden punoksen lenkille. Se ei kuitenkaan saa ylittää yksittäisen punoksen vetomurtokuormaa. [1, s. 28.]

Laskelmissa punosten lukumäärä huomioidaan redusointikertoimella k_2 , jonka arvot on esitetty taulukossa 11.

| Niputettujen punosten lukumäärä | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------------|-----|-----|------|------|
| k_2 | 1,0 | 0,9 | 0,85 | 0,75 |

Taulukko 11. Niputettujen jännepunosten kuormien redusointikertoimet k_2 [1, s. 29].

7 Nostoankkurit

Nostoankkurit ovat betonielementtien nostoa varten ennen elementin valua asennettavia kiinnikkeitä. Nostoankkurit ovat kaksiosaisia, niissä on toinen betoniin pysyvästi jäävä tartuntaosa sekä ankkurista irrotettava nosto-osa. On huomioitava, että ankkurista irtoavan nosto-osan on oltava määritetty tartuntaosalle, muunlaisia nosto-osia ei tartuntaosien kanssa saa käyttää. Nostoankkurien käyttäminen on suositeltavaa, jos nostopiste jää lopullisessa rakenteessa näkyviin, kuten parvekelaatoissa. Nostoankkurien tyypit vaihtelevat valmistajien ja käyttötarkoitusten mukaan. Nostoankkurien käytöstä on oltava hyväksytty ja voimassa oleva käyttöseloste. [1, s. 47.]

Nostoankkurin kiinnitys betoniin perustuu tartuntaan, ankkurin betonin sisään jäävän osan muodon aiheuttamaan ankkurointiin ja lisäraudoitukseen. Nostoankkureilla on yleensä nelinkertainen varmuus valmistajien käyttöselosteiden mukaisesti. Murtoon nähden pienempikin varmuus riittäisi, mutta rajoittavana tekijänä on usein käytettävä vaijeri- tai täysmetallinen nostolenkki. Nostoankkureiden kapasiteettiarvoja voidaan korottaa vain hyväksyttämällä uuden käyttöselosteen. [1, s. 47.]

7.1 RD-kierteiset nostoankkurit

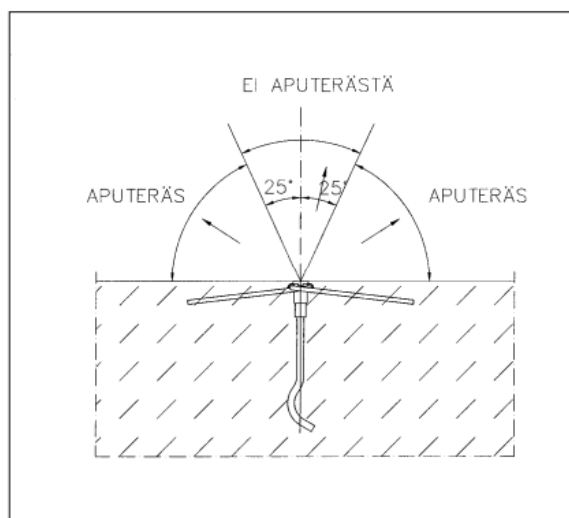
RD-kierre on puolipyöreä metrinen kierre. Se kestää hyvin kolhaisuja tavalliseen metriin kierteeseen verrattuna ja on sen vuoksi hyvä ratkaisu ankkurin kestävyysnäkökulmasta. Jokaiselle ankkurille on oma vastaava samalla RD-kierteellä varustettu nostolenkki. RD-kierteisiä nostolenkkejä ovat käyräankkurit, laatta-ankkurit ja hylsyankkurit. [1, s. 47.]

RD-kierteisten hylsy- ja käyräankkureiden kantavuusarvot on esitetty taulukossa 12. Arvot ovat ankkureihin kohdistuvia suurimpia sallittuja, murtoon nähden nelinkertaisella varmuudella olevia kuormia.

| Käyräankkuri / Hylsyankkuri | Sallittu kuorma suorassa nos- tossa [kN] | Kyljestänoston sallittu kuorma [kN] | Tunnusvärit | Värisävy |
|--------------------------------|--|---|---------------|----------|
| Rd12 | 5 | 2,5 | Oranssi | RAL 2003 |
| Rd16 | 12 | 6 | Punainen | RAL 3000 |
| Rd20 | 20 | 10 | Vaaleanvihreä | RAL 6019 |
| Rd24 | 25 | 12,5 | Tummanharmaa | RAL 7016 |
| Rd30 | 40 | 20 | Vihreä | RAL 6001 |
| Rd36 | 63 | 31,5 | Sininen | RAL 5012 |
| Rd42 | 80 | 40 | Hopeanharmaa | RAL 7001 |
| Rd52 | 125 | 62,5 | Keltainen | RAL 1016 |

Taulukko 12. RD-kierteisten ankkureiden sallitut kuormat ja tunnusvärit [1, s. 48].

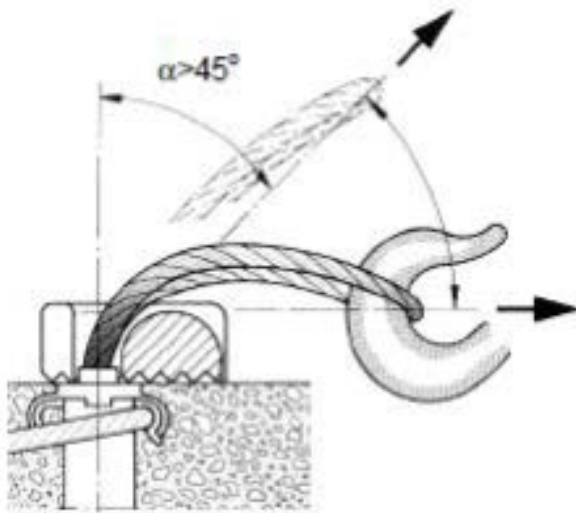
Nostoankkureilla nostokulma voi olla 0-90°. Suurilla nostokulmilla tulee nostoankkurin ympärillä käyttää lisäraudoitusta ottamaan vinoa vetorasitusta kuvan 14 periaatteen mukaisesti. Nostokulman ylittäessä 45° tulee käyttää painelevyllä varustettuja vaijeri- tai täysmetallisia nostolenkkejä tai vaijerinostolenkin ohjainta. Nostokulma voi olla suuri esimerkiksi parvekelaattoja kyljestä nostettaessa. [1, s. 48.]



Kuva 14. Nostoankkureiden lisäraudoituksen periaate [1, s. 49].

7.2 Vaijerinostolenkit

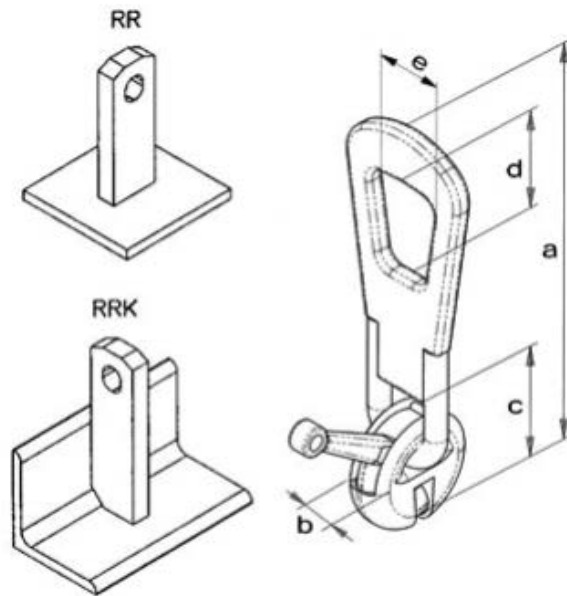
Vaijerinostolenkit ovat RD-sisäkierteellä varustettujen nostoankkureiden kanssa käytettäviä nostolenkkejä. Vaijerilenkkejä käytettäessä on noudatettava valmistajien ja maahantuojien ohjeita. Niiden kunto on säännöllisin väliajoin tarkastettava ja kuluneet ja vaurioituneet lenkit vaihdettava. Nostokulman on oltava pienempi kuin 45° . Nostokulman ollessa suurempi tulee käyttää kuvan 15 mukaisia vaijeriohjaimia tai painelevyllä varustettuja vaijeri- tai täysmetallisia nostolenkkejä, jotka mahdollistavat 90° noston. [1, s. 49.]



Kuva 15. Vaijerinostolenkin ohjain [1, s. 49].

7.3 Reikärauta-ankkurit ja niiden nostolukot

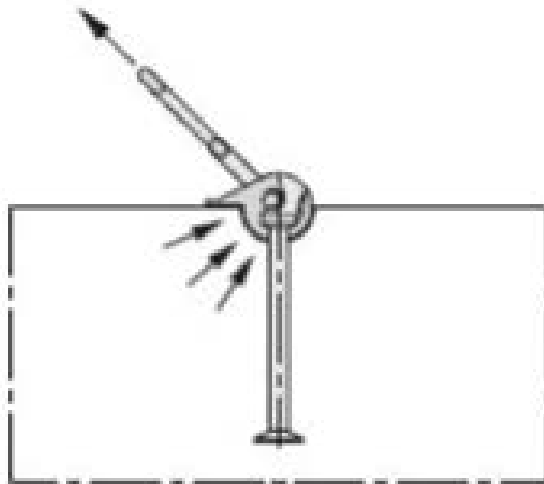
Kuvan 16 mukaisia reikärauta-ankkureita ja niiden yhteydessä käytettäviä nostolukkoja käytetään laattaelementtien nostoon. Ankkurit vaativat tyyppikohtaisen lisäraudoituksen, joka selviää valmistajan käyttöohjeista. Reikärauta-ankkureiden ja nostolukkojen käytössä on noudatettava valmistajien ja maahantuojien ohjeita. [1, s. 50.]



Kuva 16. Reikärauta-ankkureita ja nostolukko [1, s. 50].

7.4 Kuula-ankkurit ja nostolukko

Kuvan 17 mukainen kuula-ankkuri asennetaan elementtiin ennen valua puolipallon muotoista varauskumia käyttäen. Kumi poistetaan elementin kovettumisen jälkeen, jolloin betoniin jää puolipallon muotoinen kolo ankkurin ympärille nostolukkoa varten. Nostolukko välittää nostovoima vaakasuuntaisen komponentin puristuksena betonille. Tällöin ankkuriin itseensä kohdistuu vetorasitus. [1, s. 50.]



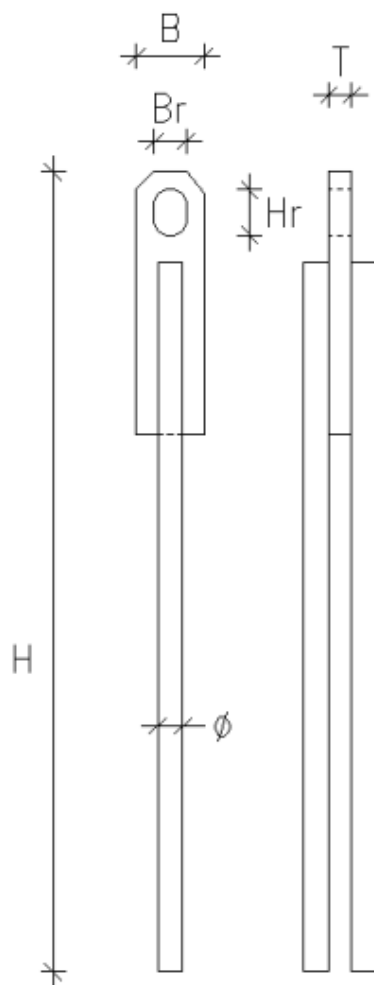
Kuva 17. Kuula-ankkuri ja nostolukko [1, s. 50].

8 Suomen Elementtisuunnittelu Oy:n eniten käyttämät nosto-osat

Tähän kappaleeseen on koottu tiedot Suomen elementtisuunnittelu Oy:n eniten käyttämistä nosto-osista.

8.1 R-Group RCL

RCL-ankkurit ovat teräslevystä ja harjateräksestä valmistettuja pilarien nostoon tarkoitettuja nostoankkureita. Niitä ei poisteta tai katkaista asennuksen jälkeen, vaan ne jäävät rakenteeseen ja niitä voidaan käyttää vaakasuuntaisten voimien sitomiseen. Ankkurit asennetaan elementtiin ennen valua. RCL-ankkurit ovat valmistettu kokonaan ruostumattomasta teräksestä, yläosan teräslaatu on 1.4301 ja harjateräksen teräslaatu on B600KX. [2, s. 3 ja s. 5.] RCL-ankkuri on esitetty kuvassa 18 ja sen mitat taulukossa 13.



Kuva 18. RCL-ankkuri [2, s. 4].

| Nosto-osa | H [mm] ±6 | B [mm] | T [mm] | Br [mm] ±1 | Hr [mm] ±1 | Ø [mm] | Harjaterästagot [kpl] |
|-----------|-----------------|-----------|-----------|------------------|------------------|-----------|--------------------------|
| RCL 2 | 390 | 30 | 10 | 14 | 20 | 11 | 1+1 |
| RCL 4 | 470 | 40 | 15 | 17 | 25 | 11 | 2+2 |

Taulukko 13. RCL-ankkureiden mitat ja toleranssit [2, s. 4].

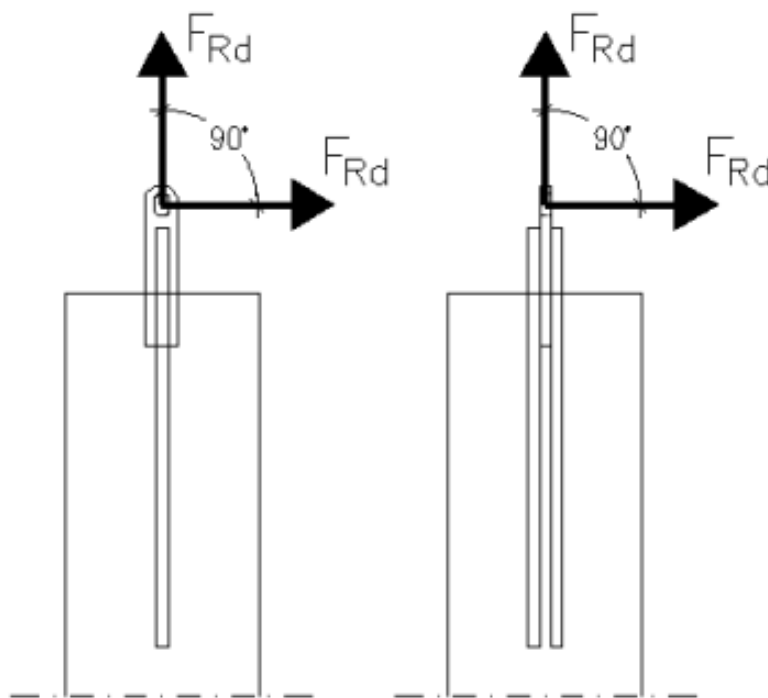
8.1.1 Kapasiteetit

Taulukossa 14 on esitetty RCL-ankkureiden kapasiteetit, jossa varmuuskerroin murrolle on 4,0, kuormalle 1,0, betonin lujuus nostohetkellä on C15/20, ja nostokulma on 0-90°. Kuormat on määritetty olettaen huonot tartuntaolosuhteet.

| Nosto-osa | F_{Rd} [kN] |
|-----------|---------------|
| RCL2 | 4,0 |
| RCL4 | 11,0 |

Taulukko 14. RCL-ankkureiden sallitut kuormat [2, s. 6].

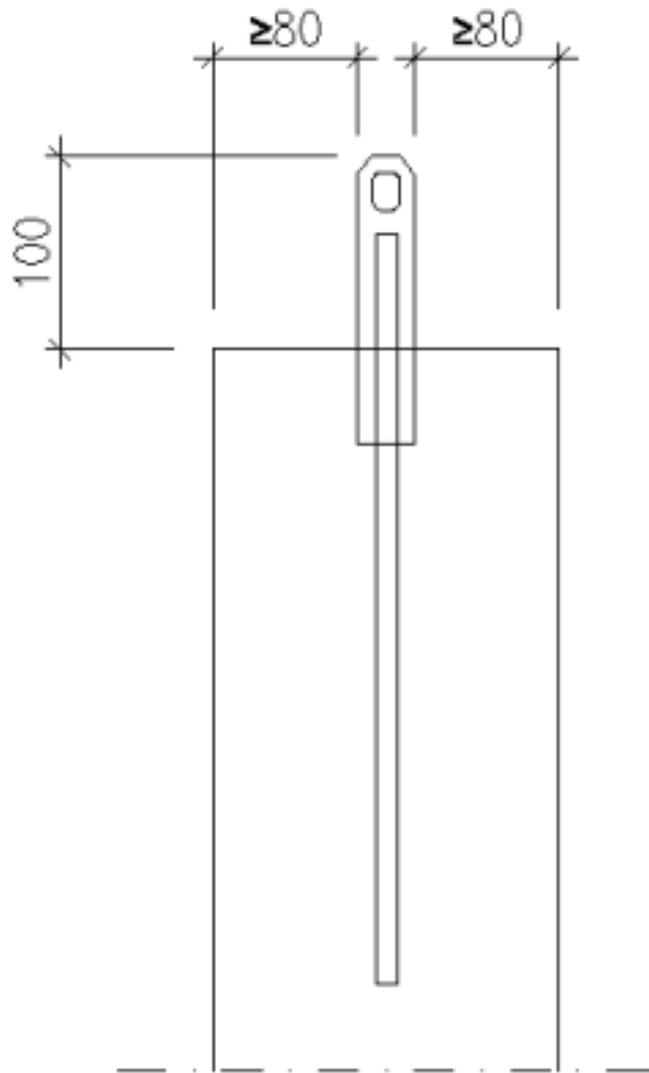
RCL-ankkureiden suurin sallittu nostokulma on 90° kuvan 19 mukaisesti.



Kuva 19. RCL-ankkureiden sallitut nostokulmat [2, s. 6].

8.1.2 Reunaetäisyydet ja sijoitteluohje

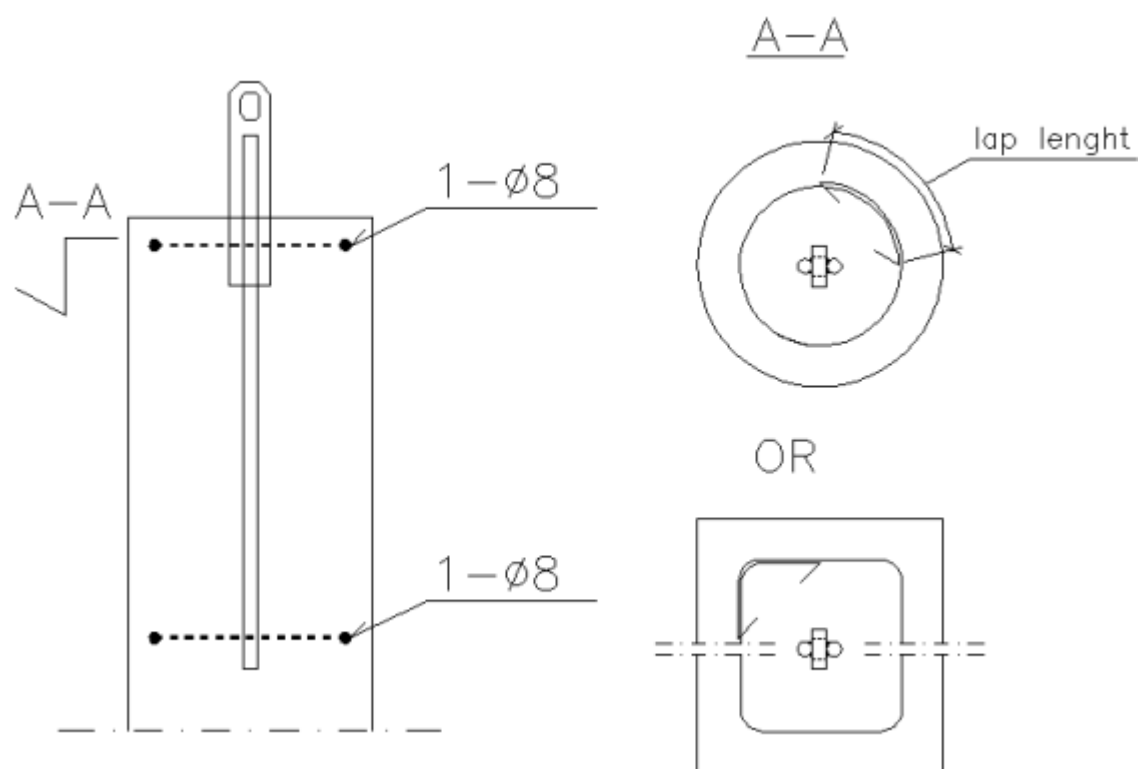
RCL-ankkureita käytettäessä betonin lujuuden on oltava nostohetkellä vähintään C15/20 ja oletetaan huonot tartuntaolosuhteet. RCL-ankkurit sijoitetaan pilarin yläosaan painopisteeseen kuvan 20 mukaisesti. [2, s. 7.]



Kuva 20. RCL-ankkurin sijoittaminen pilariin (mitat millimetrejä) [2, s. 7].

8.1.3 Tarvittavat lisäraudoitukset

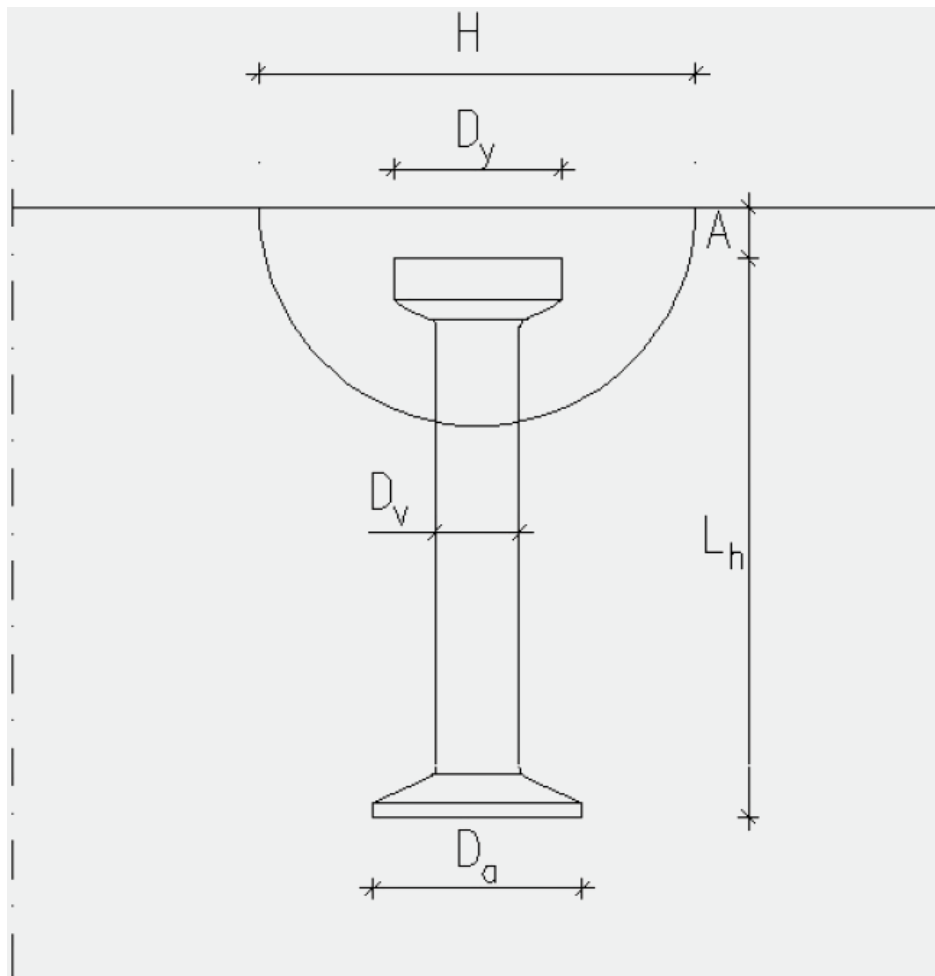
Käytettäessä RCL-ankkureita asennetaan kuvan 21 mukainen lisäraudoitus. Teräslaatuna voi olla A500HW, B500B tai vastaavanlainen harjateräs. Pilarin omat teräkset voivat toimia ankkurin lisäraudoituksena. Lisäterästen tarkoituksena on estää betonin murtuminen noston ja asennuksen aikana. [2, s. 8.]



Kuva 21. RCL-ankkurin vaatima lisäraudoitus [2, s. 8].

8.2 R-Group RLA

RLA-tyssäpäänostoaankurit ovat kuvan 22 mukaisia, betoniin ennen sen kovettumista asennettavia päästään tyssätyjä teräsosia, joita käytetään betonielementtien nostoon. Nostossa kuormitus siirtyy nostoelimelle teräsosan tyssäpään avulla. [3, s. 2.] RLA-ankkureiden kapasiteetit ja reunaetäisyydet on esitetty liitteessä 1.



Kuva 22. R-Group RLA -nostoankkuri[3, s. 3].

8.2.1 Mitat ja valmistusmateriaalit

RLA-ankkureiden mitat ja mittojen toleranssit on esitetty taulukossa 15.

| Nostoankkuri | D _y [mm] | D _v [mm] | D _a [mm] | L _h [mm] | A [mm] | H [mm] |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|--------|--------|
| RLA 1.3 | 19±0,5 | 10±0,2 | 25±1,0 | 40, 50, 65, 85, 120 (±2,0) | 10 | 60 |
| RLA 2.5 | 26±0,5 | 14±0,2 | 35±1,0 | 55, 65, 85, 120, 170 (±2,0) | 11 | 74 |
| RLA 4.0 | 36±0,5 | 18±0,2 | 45±1,0 | 75, 100, 120, 170, 210, 340 (±2,0) | 15 | 94 |
| RLA 5.0 | 36±0,5 | 20±0,2 | 50±1,0 | 85, 95, 120, 180, 240 (±2,0) | 15 | 94 |
| RLA 7.5 | 47±0,5 | 24±0,2 | 60±1,0 | 100, 120, 140, 165, 200, 300 (±2,0) | 15 | 118 |
| RLA 10 | 47±0,5 | 28±0,2 | 70±1,0 | 115, 135, 150, 170, 250, 340 (±3,0) | 15 | 118 |
| RLA 15 | 69±0,5 | 34±0,3 | 85±1,2 | 140, 165, 200, 300, 400 (±3,0) | 15 | 160 |
| RLA 20 | 70±0,5 | 39±0,5 | 98±1,5 | 200, 240, 250, 340, 500 (±3,0) | 15 | 160 |

Taulukko 15. RLA-ankkureiden mitat ja toleranssit [3, s. 4–5].

RLA-ankkureiden valmistuksessa käytetyt teräslaadut on esitetty taulukossa 16.

| Nostoankkuri | Materiaali |
|--------------|-----------------------|
| RLA | S355J2+N |
| RLAz | SJ355+N Kuumasinkitty |
| RLAr | 1.4301 Ruostumaton |
| RLAh | 1.4401 Haponkestävä |

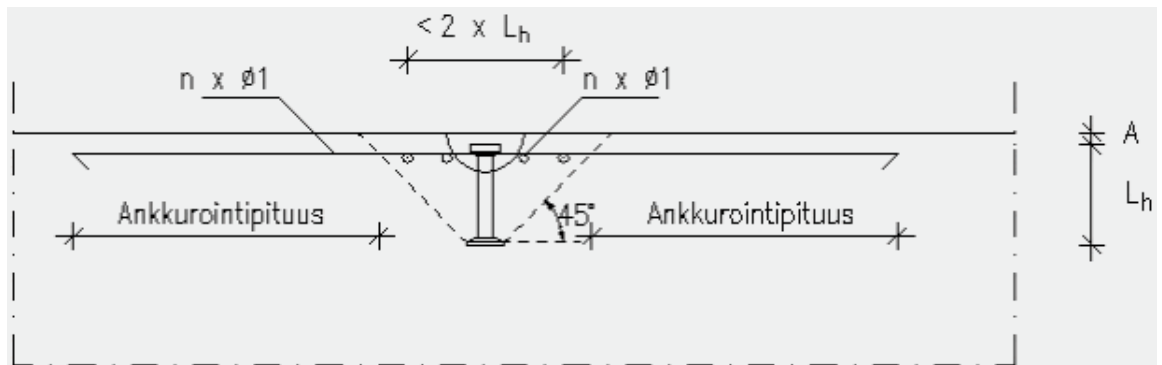
Taulukko 16. RLA-ankkureiden materiaalit [3, s. 5].

8.2.2 Tarvittavat lisäraudoitukset

RLA-nostoankkureilla käytetään laattarakenteessa taulukon 17 sekä kuvien 23 ja 24 mukaista lisäraudoitusta.

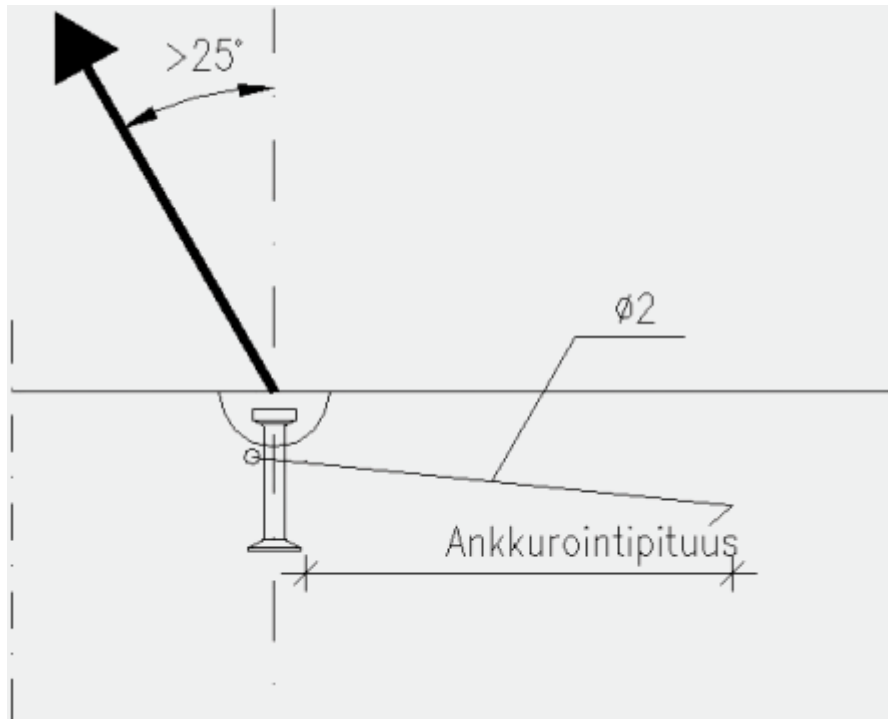
| Nostoankkuri | Ø1 [mm] | n [kpl] | Vinon vedon lisäraudoitus ($\alpha > 25^\circ$) [mm] |
|--------------|---------|---------|--|
| RLA 1.3 | 6 | 2 | 6 |
| RLA 2.5 | 6 | 2 | 8 |
| RLA 4.0 | 6 | 3 | 8 |
| RLA 5.0 | 10 | 2 | 10 |
| RLA 7.5 | 10 | 2 | 12 |
| RLA 10 | 10 | 3 | 16 |
| RLA 15 | 12 | 2 | 20 |
| RLA 20 | 12 | 3 | 20 |

Taulukko 17. RLA-ankkureiden lisäraudoitukset laattarakenteessa [3, s. 15].



Kuva 23. RLA-ankkurin lisäraudoitus laattarakenteessa [3, s. 13].

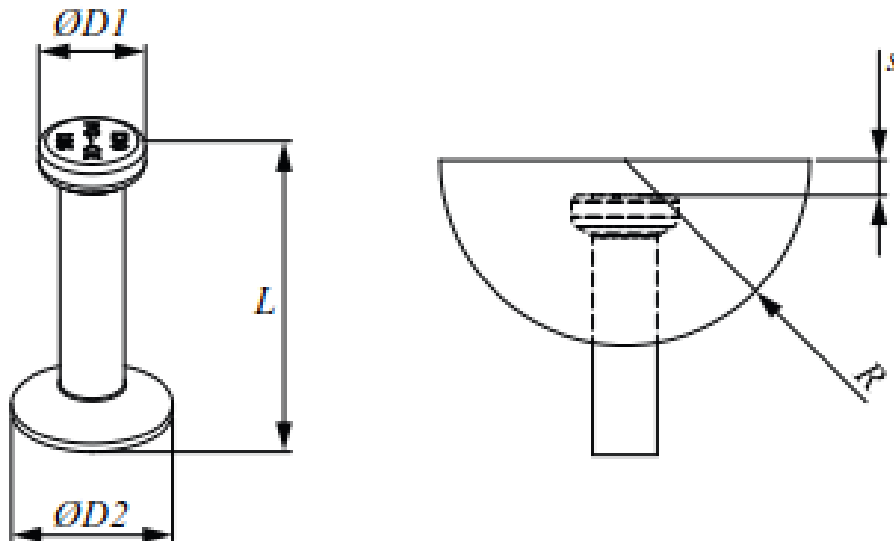
Nostokulman ylittäessä 25° tulee käyttää kuvan 24 mukaista vinon noston lisäraudoitusta. Vinon noston lisäraudoitus asennetaan välittömästi nostoelimen kolon alapuolelle ja kiinni nostoankkurin varteen. [3, s. 16.]



Kuva 24. RLA-ankkurin vinon noston lisäraudoitus laattaelementissä [3, s. 16].

8.3 Peikko KK Short

Peikko KK Short -ankkuri on kuvan 25 mukainen, laattaelementtien nostoon tarkoitettu lyhyt tyssäpääankkuri. KK Short -ankkureiden kapasiteetit on esitetty liitteessä 2 ja reunaetäisyydet liitteessä 3.



Kuva 25. Peikko KK Short -nostoankkuri [4, s. 23].

8.3.1 Mitat

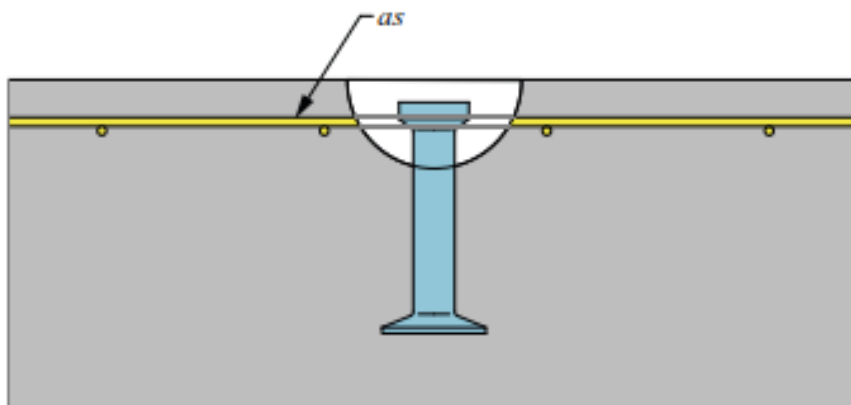
Taulukossa 18 on esitetty KK Short -nostoankkureiden mitat.

| Kuormitus- luokka | ØD [mm] | ØD1 [mm] | ØD2 [mm] | R [mm] | s [mm] | L [mm] |
|----------------------|------------|-------------|-------------|-----------|-----------|----------------------------------|
| 1.3 | 10 | 19 | 25 | 30 | 10 | 50, 55, 65, 85 |
| 2.5 | 14 | 26 | 35 | 37 | 11 | 65, 75, 85, 90, 100, 120, 140 |
| 4.0 | 18 | 36 | 45 | 47 | 15 | 75, 85, 120, 150, 170 |
| 5.0 | 20 | 36 | 50 | 47 | 15 | 75, 90, 95, 110, 120, 135, 180 |
| 7.5 | 24 | 47 | 60 | 59 | 15 | 85, 100, 120, 140, 160, 170, 200 |
| 10.0 | 28 | 47 | 70 | 59 | 15 | 120, 150, 170, 200, 250 |
| 15.0 | 34 | 70 | 80 | 80 | 15 | 165, 200, 250, 300 |
| 20.0 | 39 | 70 | 98 | 80 | 15 | 165, 200, 340 |
| 32.0 | 50 | 88 | 135 | 107 | 23 | 250, 280, 320, 500 |

Taulukko 18. KK Short -ankkureiden mitat [4, s. 23].

8.3.2 Tarvittavat lisäraudoitukset

KK Short -ankkurit vaativat kuvan 26. ja taulukon 19. mukaisen lisäraudoituksen.

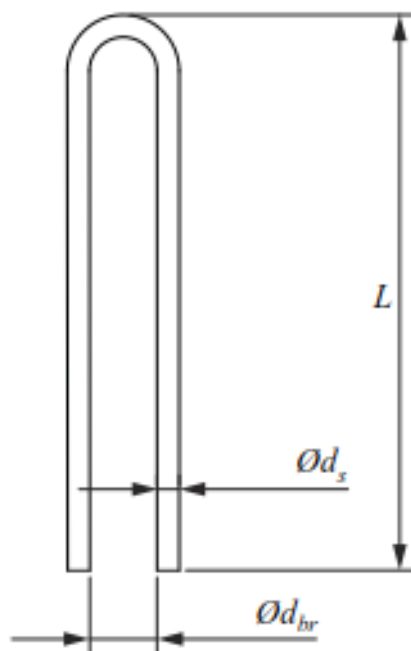


Kuva 26. KK Short -ankkurin vaatima lisäraudoitus [4, s. 29].

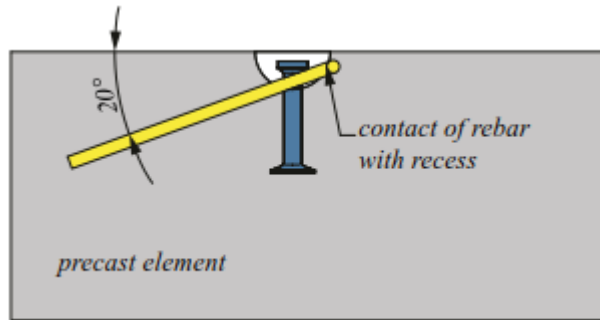
| Kuormitusluokka | Teräsmäärä as [mm^2/m] |
|-----------------|--|
| 1.3 | 188 |
| 2.5 | |
| 4.0 | |
| 5.0 | |
| 7.5 | |
| 10.0 | |
| 15.0 | 524 |
| 20.0 | |
| 32.0 | |

Taulukko 19. KK Short -ankkureiden vaatima lisäraudoitus [4, s. 30].

Nostokulman ollessa yli $12,5^\circ$ tulee asentaa kuvien 27 ja 28 sekä taulukon 20 mukainen vinon noston lisäraudoitus.



Kuva 27. KK Short -ankkurin vinon noston lisäraudoitus [4, s. 30].



Kuva 28. KK Short -ankkurin vinon noston lisäraudoitus elementissä [4, s. 30].

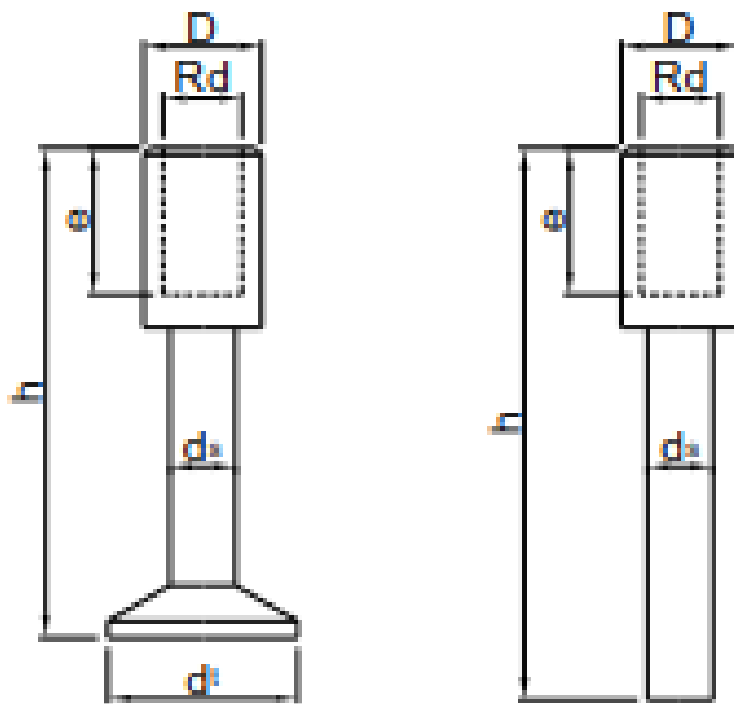
Jos nostokulma on enintään 30°, voidaan vinon noston raudoituksena käyttää pienempää raudoitusta taulukon 20 mukaisesti.

| | Nostokulma 12,5° - 45° | Nostokulma 12,5° - 30° |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| Kuormitusluokka | Ød _s x L [mm] | Ød _s x L [mm] |
| 1.3 | Ø8x200 | Ø6x200 |
| 2.5 | Ø10x300 | Ø8x300 |
| 4.0 | Ø12x410 | Ø10x350 |
| 5.0 | Ø12x420 | Ø10x420 |
| 7.5 | Ø16x580 | Ø14x470 |
| 10.0 | Ø16x770 | Ø14x620 |
| 15.0 | Ø25x740 | Ø20x650 |
| 20.0 | Ø25x980 | Ø20x870 |
| 32.0 | Ø28x1400 | Ø25x1100 |

Taulukko 20. KK Short -ankkurin vinon noston lisäraudoitus [4, s. 30].

8.4 Peikko PLA

PLA-nostoankkurit ovat kuvan 29 mukaisia parvekelaattaelementtien nostoon tarkoitettuja sisäkierrenostoankkureita. Ankkurin sisäkierreeseen kiinnitetään Rd-kierteinen nostolenkki, jonka avulla nosto tapahtuu. Ankkurointi perustuu ankkurin alaosan tyssäytyyn päähän. Parvekelaattaelementtien kyljestä nostoon ja seinäelementtien nostoon käytetään PLA xx P-ankkureita, joissa on ruostumaton sisäkierrehylsy, tai PLA xx PM-ankkureita, joissa hylsy on normaalia rakenneterästä. Ruostumatonta ankkuria ei tarvitse valaa ympäröivään elementtiin asennuksen jälkeen, vaan se voidaan sulkea muovisella suojatulpalla. Ankkurin kierteen suojaaminen muovisella suojatulpalla on suositeltua talviolosuhteissa myös varastoinnin aikana. [5, s. 3.]



Kuva 29. Peikko PLA -nostoankkuri [5, s. 4].

Taulukossa 21 on esitetty PLA-nostoankkureiden mitat ja painot.

| Ankkuri | h [mm] | Rd [mm] | D [mm] | e [mm] | dt [mm] | ds [mm] | m [kg] |
|-----------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|
| PLA20 | 140 | 20 | 30 | 35 | 58 | 20 | 0,3 |
| PLA20P(M) | 426 | 20 | 30 | 35 | 58 | 20 | 0,3 |
| PLA24 | 450 | 24 | 35 | 43 | 58 | 20 | 0,4 |
| PLA24P(M) | 526 | 24 | 35 | 43 | 58 | 20 | 0,4 |
| PLA30 | 200 | 30 | 40 | 56 | 72 | 25 | 0,6 |
| PLA30P(M) | 663 | 30 | 40 | 56 | 72 | 25 | 0,7 |
| PLA36 | 250 | 36 | 50 | 68 | 96 | 32 | 1,3 |
| PLA36P(M) | 815 | 36 | 50 | 68 | 96 | 32 | 1,3 |

Taulukko 21. PLA-ankkureiden mitat ja kappalepaino [5, s. 4].

PLA-ankkureiden ankkuriosa valmistetaan teräslaadusta A500HW tai BSt500s ja hylsyosa teräslaadusta 1.4301, 1.4305 tai S355J2+C [5, s. 4].

8.4.1 Kapasiteetit ja reunaetäisyydet

PLA-ankkureiden kapasiteetit ja reunaetäisyydet on esitetty taulukossa 22. Nostohetkellä elementin betonin lujuuden on oltava vähintään C15/20 [5, s. 4]. Taulukon kapasiteettien arvoissa on huomioitu 4-kertainen varmuus murtoon nähden.

| | Nostokulma 0°-45° [kN] | Nostokulma 90° [kN] | Reunaetäi- syys (1,5 x h) [mm] | Keskiöetäi- syys [mm] | Laatan min. paksuus [mm] |
|-----------|---------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| PLA20 | 20 | 10 | 210 | 420 | 160 |
| PLA24 | 25 | 12,5 | 255 | 450 | 170 |
| PLA30 | 40 | 20 | 300 | 600 | 220 |
| PLA36 | 63 | 31,5 | 375 | 750 | 270 |
| | Nostokulma 0°-45° [kN] | Nostokulma 90° [kN] | Reunaetäi- syys [mm] | Keskiöetäi- syys [mm] | Elementin min. pak- suus [mm] |
| PLA20P(M) | 20 | 10 | 70 | 420 | 140 |
| PLA24P(M) | 25 | 12,5 | 70 | 450 | 140 |
| PLA30P(M) | 40 | 20 | 87 | 600 | 175 |
| PLA36P(M) | 63 | 31,5 | 112 | 750 | 224 |

Taulukko 22. PLA-ankkureiden kapasiteetit ja reunaetäisyydet [5, s. 5].

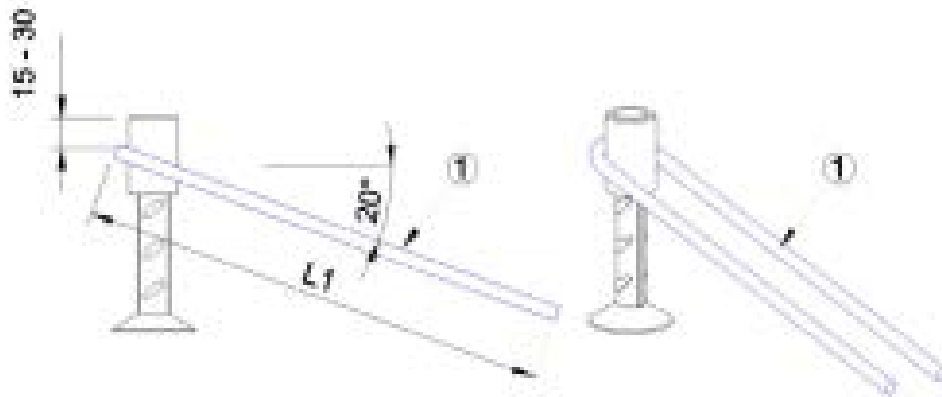
Vaijerinostolenkillä nostettaessa suurin sallittu nostokulma on 45°. Jos elementti nostetaan kyljestä tai elementti käännetään ilmassa, tulee käyttää painelevyllistä nostolenkkiä. [5, s. 5.] Painelevyn suositellut vähimmäishalkaisijat on esitetty taulukossa 23.

| Nostolenkki | painelevyn halkaisija [mm] |
|-------------|----------------------------|
| RD20 | 68 |
| RD24 | 74 |
| RD30 | 90 |
| RD36 | 103 |

Taulukko 23. Painelevyn suositellut vähimmäiskoot [5, s. 5].

8.4.2 Tarvittavat lisäraudoitukset

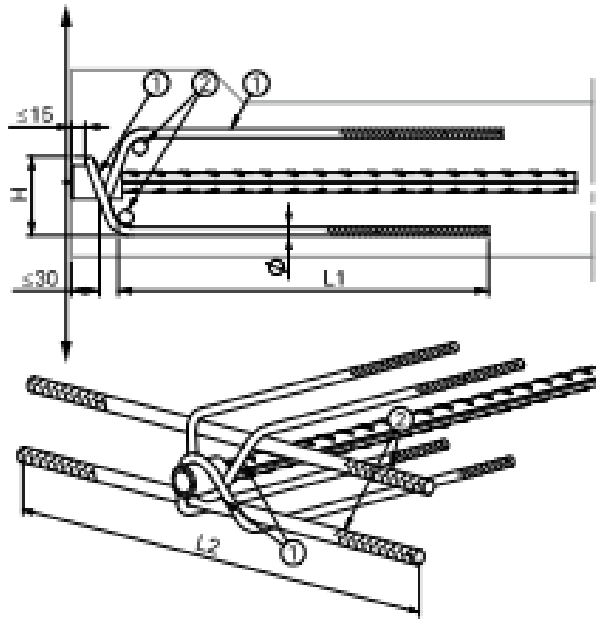
Jos nostokulma on yli 25° , tarvitaan kuvan 30 ja taulukon 24 mukainen lisäraudoitus. Laatan kylkeen asennettava PLA xx P(M)-ankkuri vaatii kuvan 31 ja taulukon 25 mukaisen, kyljestä nostoa varten suunnitellun lisäraudoituksen.



Kuva 30. PLA-ankkureiden lisäraudoitus, kun nostokulma on yli 25° [5, s. 6].

| Ankkuri | Raudoitus | L1 [mm] |
|---------|-----------|---------|
| PLA20 | Ø7(8) | 375 |
| PLA24 | Ø9(10) | 375 |
| PLA30 | Ø11(12) | 475 |
| PLA36 | 2Ø11(16) | 500 |

Taulukko 24. PLA-ankkureiden lisäraudoitus, kun nostokulma on yli 25° [5, s. 6].

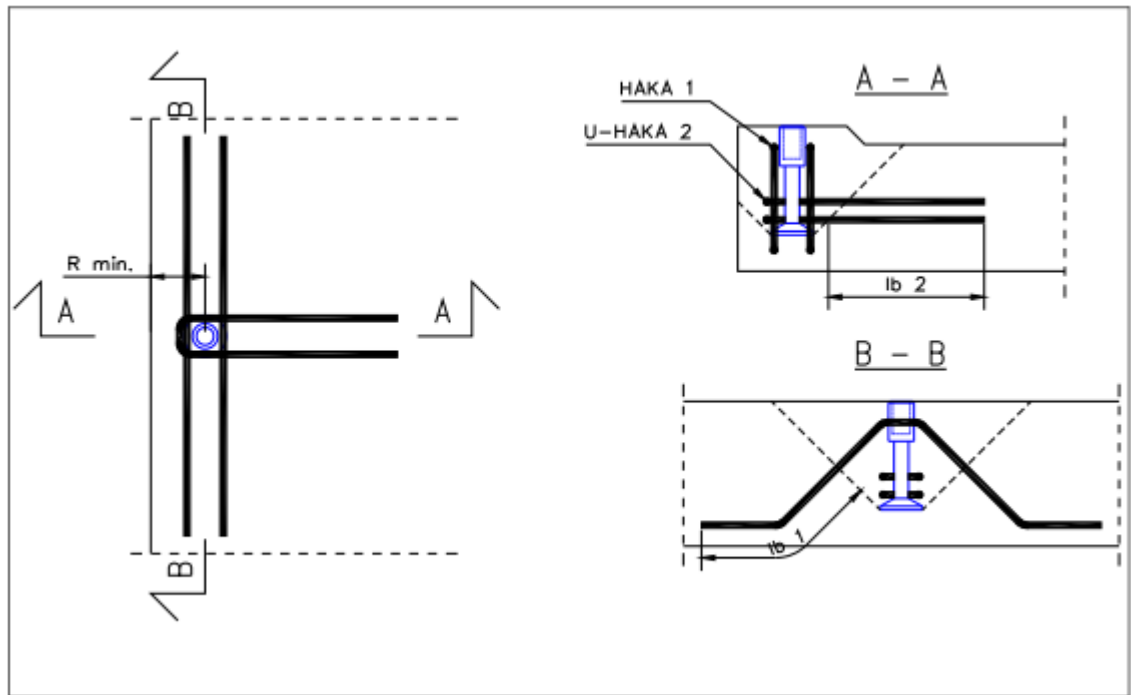


Kuva 31. PLA xx P(M)-ankkureiden kyljestänoston lisäraudoitus [5, s. 6].

| Ankkuri | Raudoitus 1 | | | Raudoitus 2 | |
|-----------|-------------|---------|--------|-------------|-----|
| | Raudoitus | L1 [mm] | h [mm] | Raudoitus | L2 |
| PLA20P(M) | Ø7(8) | 300 | 65 | Ø11(12) | 50 |
| PLA24P(M) | Ø9(10) | 300 | 75 | Ø16 | 600 |
| PLA30P(M) | Ø11(12) | 400 | 90 | Ø16 | 600 |
| PLA36P(M) | 2Ø11(16) | 500 | 120 | Ø16 | 600 |

Taulukko 25. PLA xx P(M)-ankkureiden kyljestänoston lisäraudoitus [5, s. 6].

Laattaan asennettaessa PLA-nostoankkureiden minimi reunaetäisyys on 1,5 x ankkurin korkeus. Jos nostoankkuri asennetaan tätä lähemmäs reunaa, tulee käyttää kuvan 32 ja taulukon 26 mukaista lisäraudoitusta.



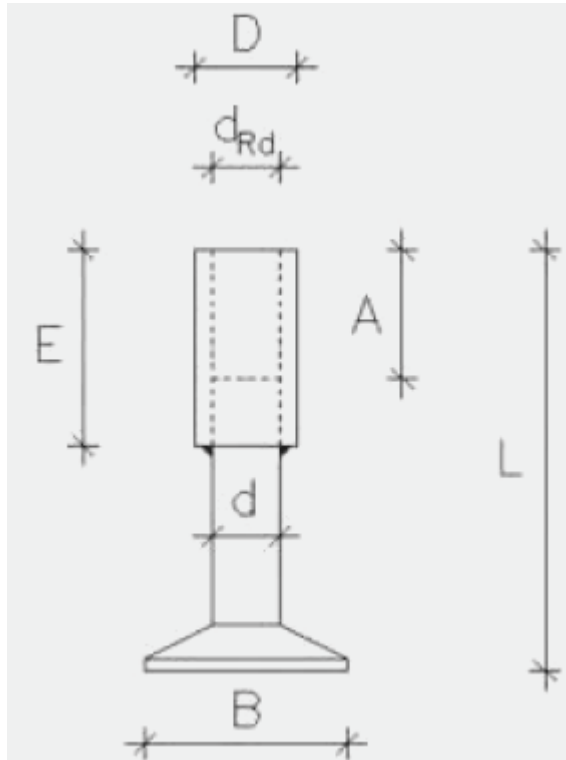
Kuva 32. PLA-ankkurin vaatima lisäraudoitus, jos reunaetäisyys on alle $1,5 \times$ ankkurin korkeus [5, s. 7].

| Ankkuri | R min. [mm] | Haka 1 | Haan 1 ankkurointi- pituus lb 1 [mm] | U-haka 2 | U-haan 2 ankkurointi- pituus lb 2 [mm] |
|---------|----------------|--------|---|----------|---|
| PLA20 | 65 | 2Ø8 | 300 | 1Ø8 | 300 |
| PLA24 | 75 | 2Ø8 | 300 | 2Ø8 | 300 |
| PLA30 | 95 | 2Ø10 | 400 | 2Ø8 | 300 |
| PLA36 | 115 | 4Ø10 | 400 | 2Ø10 | 400 |

Taulukko 26. PLA-ankkurin vaatima lisäraudoitus, jos reunaetäisyys on alle $1,5 \times$ ankkurin korkeus [5, s. 7].

8.5 R-Group R

R-Group R -nostoankkurit ovat kuvan 33 mukaisia, tyssätyllä alapäällä varustettuja Rd-sisäkierreankkureita. R-nostoankkureita voidaan käyttää seinä- ja laattarakenteissa.



Kuva 33. R-nostoankkuri [6, s. 4].

R-ankkureiden mitat ja mittojen toleranssit on esitetty taulukossa 27.

| Ankkuri | L [mm] ±2 | A [mm] ±1 | d _{Rd} [mm] | E [mm] ±2 | D [mm] | B [mm] +2/-0 | d [mm] |
|---------|--------------|--------------|----------------------|--------------|--------|-----------------|--------|
| R16 | 100 | 29 | 16 | 45 | 25 | 42 | 16 |
| R20 | 140 | 40 | 20 | 60 | 30 | 54 | 20 |
| R24 | 150 | 46 | 24 | 70 | 35 | 63 | 24 |
| R30 | 200 | 60 | 30 | 90 | 40 | 78 | 30 |
| R36 | 250 | 69 | 36 | 105 | 50 | 99 | 36 |

Taulukko 27. R-nostoankkureiden mitat ja toleranssit [6, s. 4].

Taulukoissa 28 ja 29 on esitetty R-ankkureiden tunnuksot, tyypit ja valmistusmateriaalit.

| Nostoankkurin tunnus | Nostoankkurin tyyppi |
|----------------------|-----------------------------|
| R | Sinkitty ja keltapassivoitu |
| Rr | Ruostumaton |
| Rh | Haponkestävä |

Taulukko 28. R-nostoankkureiden tunnuksot [6, s. 5].

| Osa | Nostoankkurin tunnus | Materiaali |
|------------------|----------------------|------------|
| Ankkurointitappi | R, Rr, Rh | S235J2+AR |
| Kierreholkki | R | S235+2Ar |
| Kierreholkki | Rr | 1.4301 |
| Kierreholkki | Rh | 1.4401 |

Taulukko 29. R-nostoankkureiden materiaalit [6, s. 5].

8.5.1 Kapasiteetit ja reunaetäisyydet

Elementin nostohetkellä betonin lujuuden tulee olla vähintään C15/20 [6, s. 6]. Taulukoiden 30 ja 31 Kapasiteettien kokonaisvarmuus murtoon nähden on 4,0 ja kuorman osavarmuuskerroin on 1,0.

| | Nostokulma 0°-45° | Nostokulma 0°-45° |
|--------------|-------------------|-------------------|
| Nostoankkuri | N_{Rd} [kN] | N_{Rd} [kN] |
| R16 | 8,9 | 4,4 |
| R20 | 14,9 | 7,4 |
| R24 | 16,6 | 8,3 |
| R30 | 25,6 | 12,8 |
| R36 | 35,7 | 17,8 |

Taulukko 30. R-nostoankkureiden kapasiteetit laattarakenteessa, kun käytetään kuvien 35–37 ja taulukon 33 mukaista lisäraudoitusta [6, s. 7].

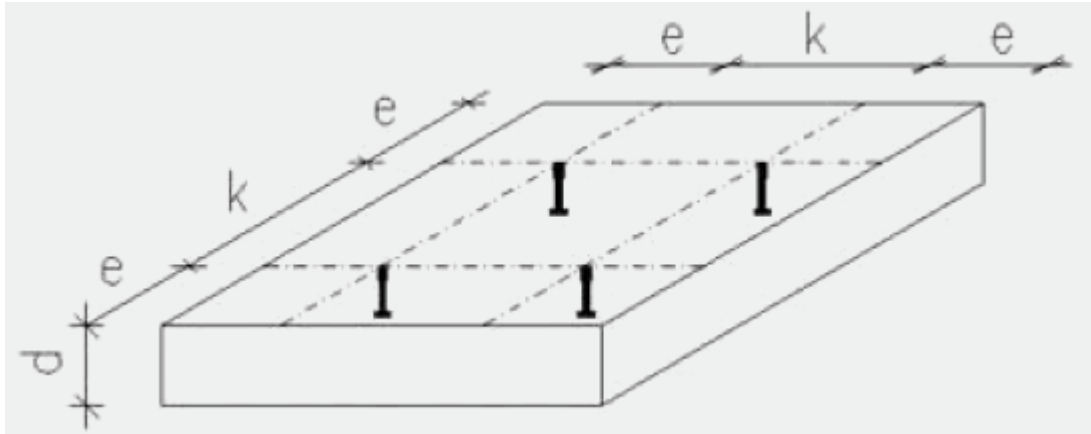
| | Nostokulma 0°-45° | Nostokulma 0°-45° |
|--------------|-------------------|-------------------|
| Nostoankkuri | N_{Rd} [kN] | N_{Rd} [kN] |
| R16 | 10,4 | 5,2 |
| R20 | 16,2 | 8,1 |
| R24 | 22,2 | 11,1 |
| R30 | 31,7 | 15,8 |
| R36 | 51,5 | 25,7 |

Taulukko 31. R-nostoankkureiden kapasiteetit laattarakenteessa, kun käytetään kuvan 38 ja taulukon 34 mukaista lisäraudoitusta [6, s. 7].

Jos nostokulma ylittää 45°, tulee käyttää painelevyllistä nostolenkkiä [6, s. 19].

8.5.2 Reunaetäisyydet ja sijoitteluohje

R-nostoankkureiden reunaetäisyydet ja sijoittaminen laattaelementtiin on esitetty kuvassa 34 ja taulukossa 32.



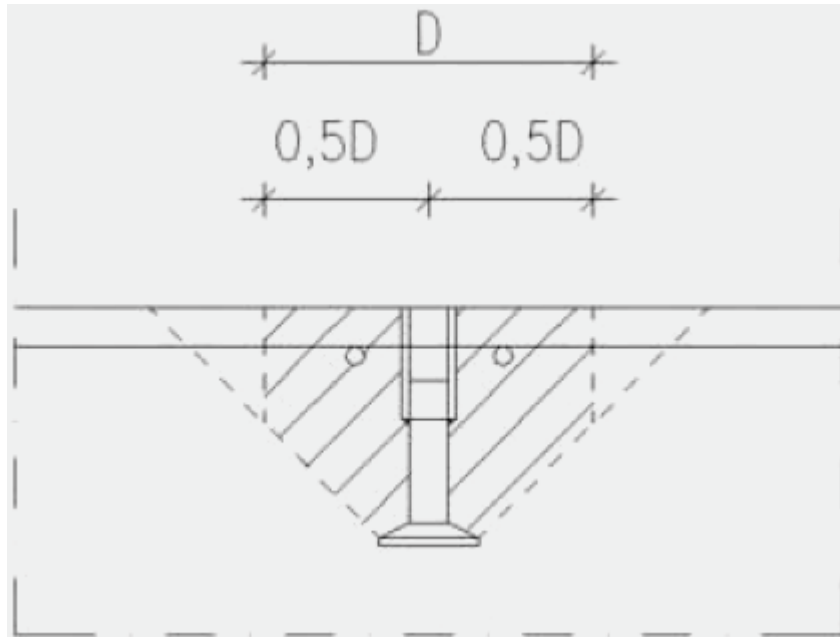
Kuva 34. R-nostoankkureiden sijoittaminen laattaelementtiin [6, s. 10].

| Nostoankkuri | e [mm] | k [mm] | d [mm] |
|--------------|--------|--------|--------|
| R16 | 150 | 300 | 120 |
| R20 | 205 | 410 | 160 |
| R24 | 220 | 440 | 170 |
| R30 | 295 | 590 | 220 |
| R36 | 365 | 730 | 270 |

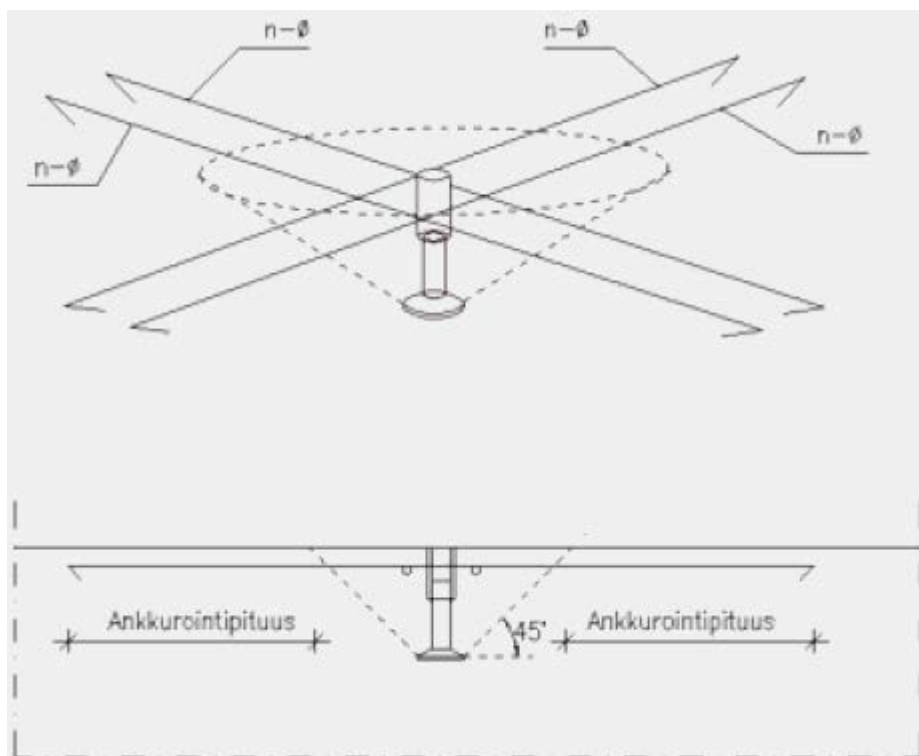
Taulukko 32. R-nostoankkureiden minimietäisyydet laattaelementissä [6, s. 10].

8.5.3 Tarvittavat lisäraudoitukset

R-nostoankkureiden kanssa on laattarakenteessa aina käytettävä kuvien 35–37 ja taulukon 33 mukaista murtokartion lisäraudoitusta. Murtokartion sitkistysraudoitus sijoitetaan maksimissaan $0,5D$ etäisyydelle nostoankkurin keskeltä kuvan 35 mukaisesti. Kaikki lisäraudoitukset ovat teräslaatua A500HW. Kaikki lisäraudoituksien ankkurointi- ja kokonaispituudet on laskettu hyvissä tartuntaolosuhteissa. [6, s. 12.]

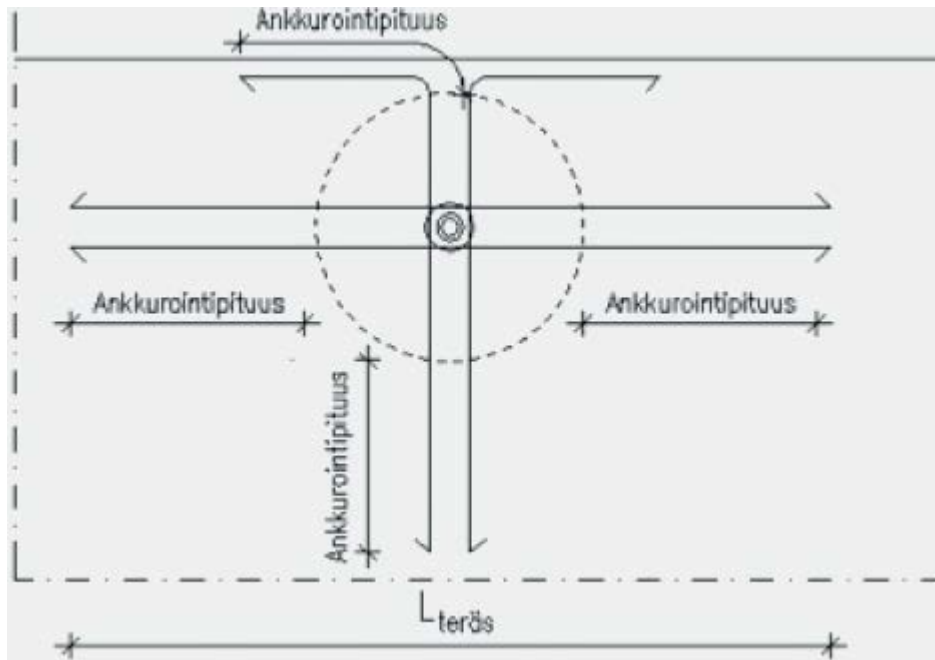


Kuva 35. R-nostoankkurin murtokartion raudoituksen maksimietäisyys nostoankkurista [6, s. 12].



Kuva 36. Murtokartoin raudoitus laattaelementissä [6, s. 13].

Jos R-nostoankkuri sijoitetaan lähemmäs betonielementin reunaa kuin suoran tangon ankkurointipituus, tulee harjatangot taivuttaa kuvan 37 mukaisesti.

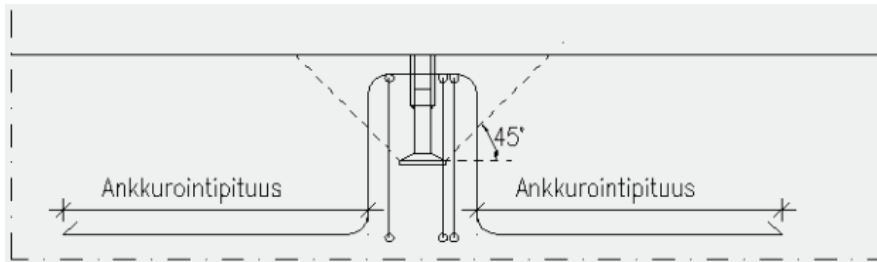


Kuva 37. Harjatangon taivutus laattaelementin reunassa [6, s. 13].

| Nostoankkuri | Raudoitus | Ankkurointipituus [mm] | L [mm] | D [mm] |
|--------------|-----------|---------------------------|--------|--------|
| R16 | Ø8 | 350 | 700 | 95 |
| R20 | Ø8 | 350 | 700 | 135 |
| R24 | Ø10 | 400 | 800 | 140 |
| R30 | Ø10 | 400 | 800 | 190 |
| R36 | Ø12 | 530 | 1060 | 240 |

Taulukko 33. R-nostoankkureiden betonin murtokartion lisäraudoitus laattaelementissä [6, s. 12].

Jos R-nostoankkureille käytetään Taulukon 31 mukaisia kapasiteettiarvoja, tulee käyttää murtokartion sitkistysraudoituksen lisäksi kuvan 38 ja taulukon 34 mukaista murtokartion ankkurointiraudoitusta. Murtokartion ankkurointiraudoitus asennetaan maksimissaan $0,5D$ etäisyydelle kuvan 38 mukaisesti.



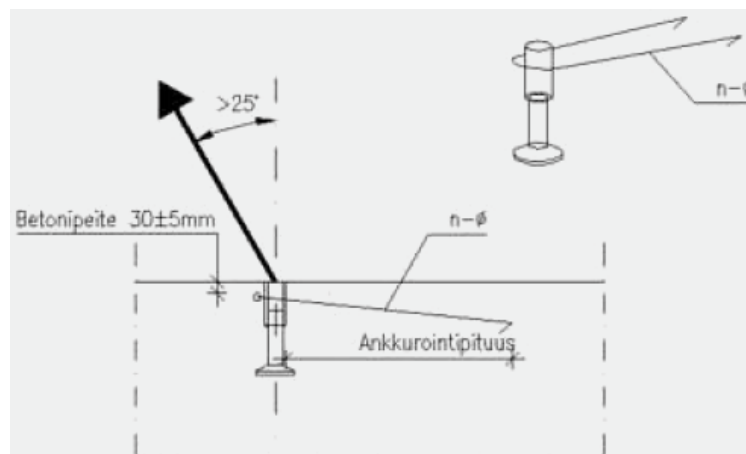
Kuva 38. R-nostoankkurin murtokartion ankkurointirauδοitus [6, s. 14].

| Nostoankkuri | Rauδοitus | Ankkurointipituus [mm] |
|--------------|-----------|------------------------|
| R16 | 3+3Ø8 | 350 |
| R20 | 3+3Ø8 | 350 |
| R24 | 3+3Ø10 | 400 |
| R30 | 3+3Ø10 | 400 |
| R36 | 3+3Ø12 | 530 |

Taulukko 34. R-nostoankkureiden betonin murtokartion ankkurointirauδοitus laattaelementissä [6, s. 14].

Taulukossa 34 merkintä 3+3ØXX tarkoittaa, että murtokartion lävitse tulee asentaa kolme terästä kumpaankin suuntaan eli yhteensä kuusi terästä yhden R-nostoankkurin kohdalle.

Nostokulman ollessa yli 25° tulee asentaa kuvan 39 ja taulukon 35 mukainen vinon noston lisäraudoitus muiden lisäraudoitusten lisäksi.

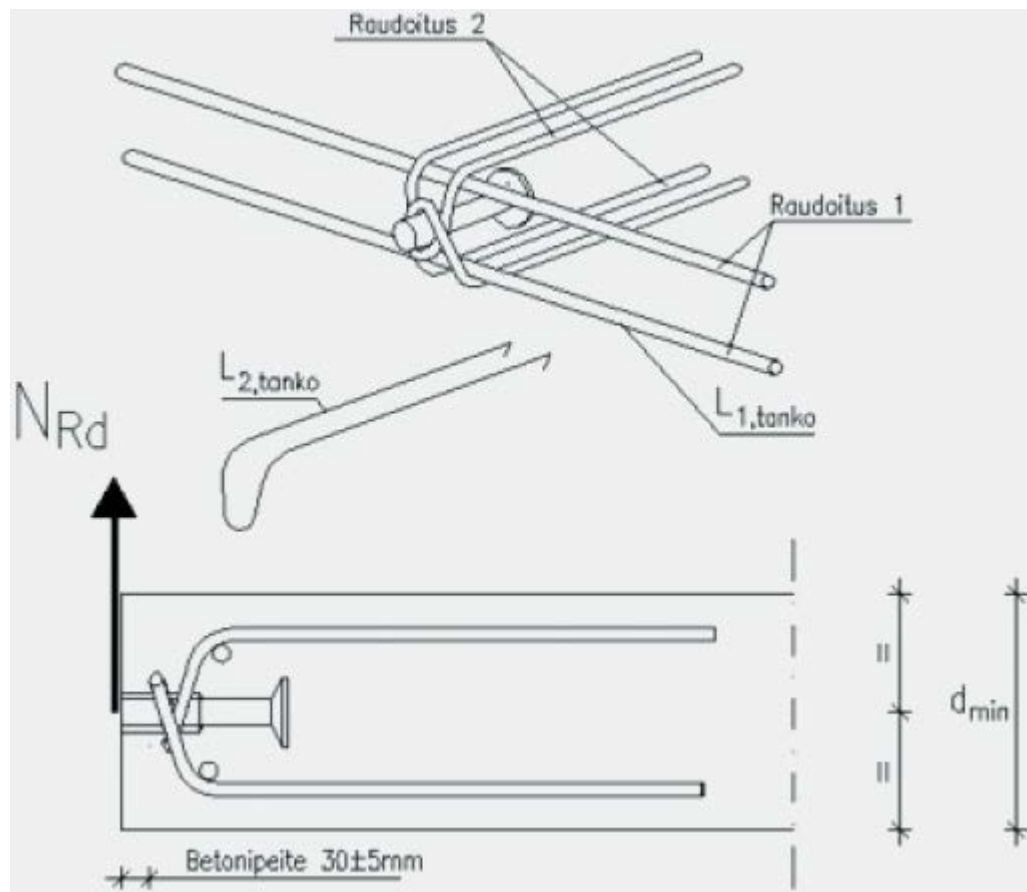


Kuva 39. R-nostoankkurin vinon noston lisäraudoitus [6, s. 16].

| Nostoankkuri | Raudoitus | Ankkurointipituus [mm] | r [mm] | L [mm] |
|--------------|-----------|------------------------|--------|--------|
| R16 | Ø12 | 530 | 45 | 1150 |
| R20 | Ø16 | 790 | 50 | 1650 |
| R24 | Ø16 | 790 | 50 | 1650 |
| R30 | Ø20 | 1050 | 60 | 2200 |
| R36 | Ø25 | 1420 | 80 | 2950 |

Taulukko 35. R-nostoankkurin vinon noston lisäraudoitus [6, s. 16].

Jos elementti nostetaan kyljestä tai elementti käännetään ilmassa, tulee asentaa kuvan 40 ja taulukon 36 mukainen lisäraudoitus.



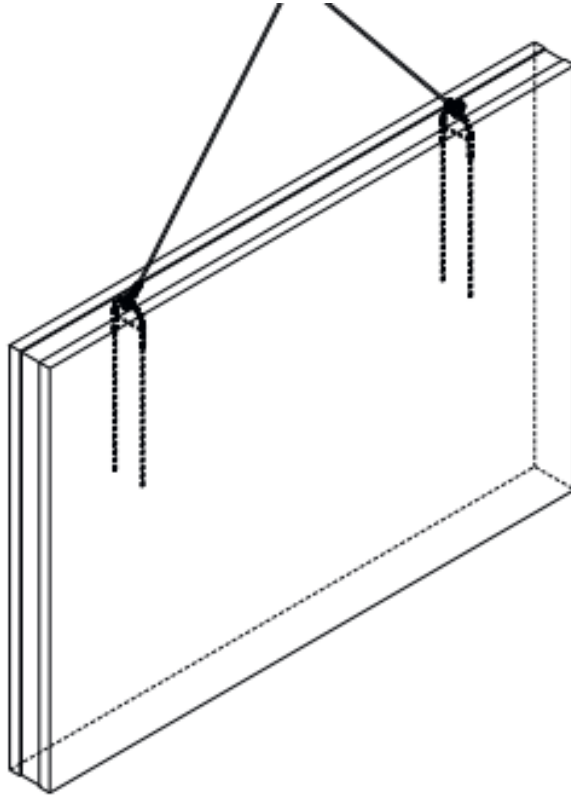
Kuva 40. R-nostoankkurin kyljestä noston lisäraudoitus [6, s. 17].

| Nostoankkuri | Raudoitus 1 | L1 | Raudoitus 2 | L2 |
|--------------|-------------|------|-------------|------|
| R16 | Ø12 | 400 | Ø8 | 700 |
| R20 | Ø16 | 600 | Ø8 | 700 |
| R24 | Ø16 | 600 | Ø10 | 850 |
| R30 | Ø20 | 800 | Ø10 | 850 |
| R36 | Ø25 | 1000 | Ø10 | 1300 |

Taulukko 36. R-nostoankkurin kyljestä noston lisäraudoitus [6, s. 17].

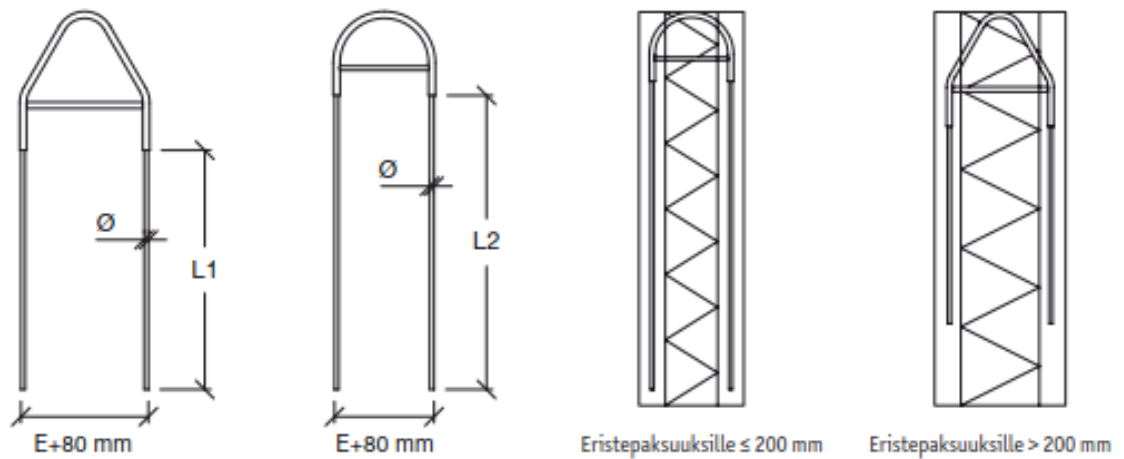
8.6 Peikko PNLF

Peikko PNLF -nostolenkki on kuvan 41 mukainen, ruostumattomasta teräksestä valmistettu sandwichelementtien nostoon tarkoitettu nostolenkki. Nosto voidaan suorittaa vakionostokoukuilla ilman erityisiä nostoelimä.



Kuva 41. PNLF-nostolenkkejä seinäelementissä [7, s. 4].

PNLF-nostolenkki toimii vinoa vetoa vastaan siten, että lenkin toinen haara asennetaan ulkokuoreen ja toinen sisäkuoreen. Lenkin tulee olla kokonaan kuorien välissä, sen yläpinta ei saa nousta betonipinnan yläpuolelle. Lenkin suojabetonikerroksen tulee vähintään olla EN 1992-1-1 mukainen. [7, s. 4.] PNLF-lenkkien mallit vaihtelevat eristepaksuuksien mukaan kuvan 42 mukaisesti.



Kuva 42. PNLF-nostolenkkien mallit eristepaksuuksien mukaan [7, s. 5].

8.6.1 Mitat ja valmistusmateriaalit

Taulukossa 37 on esitetty PNLF-nostolenkkien mitat ja kappalepainot. Suluissa olevat painot ovat alle 200 mm eristepaksuuksille soveltuvilla nostolenkeillä.

| Nostolenkki | L1 [mm] | L2 [mm] | Ø [mm] | kappalepaino [kg] |
|-------------|---------|---------|--------|-------------------|
| PNLF1 | 430 | 600 | 1Ø7 | 1,3 (1,0) |
| PNLF2 | 550 | 770 | 1Ø9 | 1,7 (1,5) |
| PNLF3 | 670 | 940 | 1Ø11 | 2,6 (2,3) |
| PNLF4 | 700 | 920 | 2Ø9 | 3,5 (3,2) |
| PNLF5 | 930 | 1120 | 2Ø11 | 5,4 (5,3) |
| PNLF6 | 1160 | 1350 | 3Ø11 | 8,7 (8,7) |

Taulukko 37. PNLF-nostolenkkien mitat [7, s. 5].

Taulukossa 38 on esitetty PNLF-nostolenkkien valmistuksessa käytettävät teräslaadut.

| Nostolenkin osa | Teräslaatu |
|-----------------|------------|
| Harjatangot | B600KX |
| Putki | 1.4301 |
| Tanko | 1.4301 |

Taulukko 38. PNLF-nostolenkkien teräslaadut [7, s. 4].

8.6.2 Kapasiteetit

Taulukossa 39 on esitetty PNLF-nostolenkkien kapasiteetit ja elementtien maksimipainot kaksipistenostoissa.

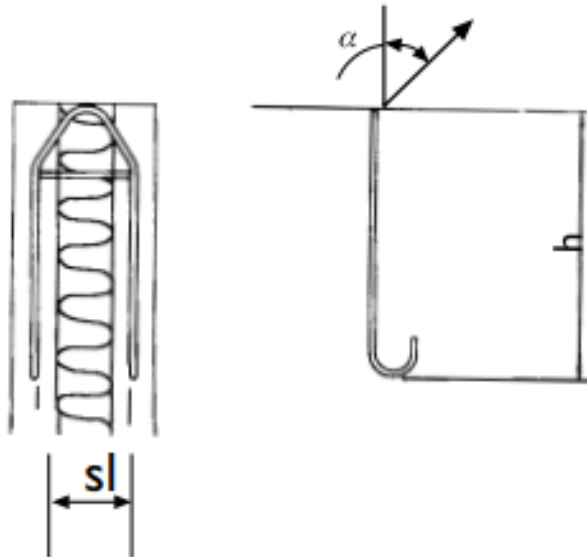
| Nostolenkki | R_d [kN] | Elementin maksimipaino kaksipistenostossa eri haarakulmilla [t] | | | |
|-------------|------------|---|------|-----|------|
| | | 45° | 60° | 90° | 120° |
| PNLF1 | 10,7 | 2,0 | 1,9 | 1,5 | 1,1 |
| PNLF2 | 17,7 | 3,3 | 3,1 | 2,5 | 1,8 |
| PNLF3 | 26,5 | 4,9 | 4,6 | 3,7 | 2,6 |
| PNLF4 | 31,9 | 5,9 | 5,5 | 4,5 | 3,2 |
| PNLF5 | 47,7 | 8,8 | 8,3 | 6,7 | 4,8 |
| PNLF6 | 67,6 | 12,5 | 11,7 | 9,6 | 6,8 |

Taulukko 39. PNLF-nostolenkkien kapasiteetit ja elementtien maksimipainot kaksipistenostoissa [7, s. 5] [1, s. 31].

Seinäelementissä tulee olla vähintään EN 1992-1-1 mukainen minimirauditus [7, s. 5].

8.7 Pintos SCR

Pintos SCR on kuvan 43 mukainen, ruostumattomasta 1.4301-teräslaadusta valmistettu sandwichelementtien nostoon tarkoitettu nostolenkki [8, s. 3].



Kuva 43. Pintos SCR -nostolenkki [8, s. 3].

8.7.1 Mitat

Taulukossa 40 on esitetty erityyppisten SCR-nostolenkkien mitat. Taulukon mitan sl , nostolenkin sisäleveys, muutkin arvot ovat mahdollisia.

| Tyyppi | h [mm] | sl [mm] |
|-----------|----------|-----------|
| SCR 12 | 800 | 205 |
| SCR 16 L | 810 | 205 |
| SCR 20 L | 1040 | 205 |
| SCR 25 LX | 1175 | 205 |

Taulukko 40. Erityyppisten SCR-nostolenkkien mitat [8, s. 3].

8.7.2 Kapasiteetit

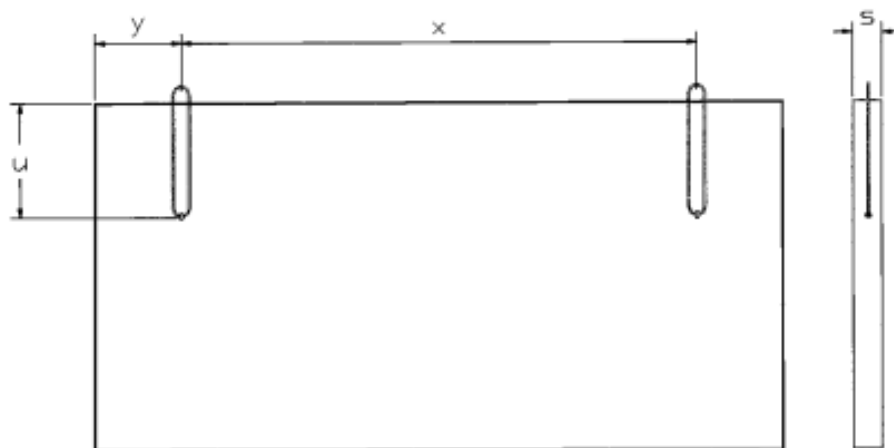
Taulukossa 41 on esitetty SCR-nostolenkkien kapasiteetit nostokulmien ollessa 0° ja 30° . Betonin lujuuden on nostohetkellä oltava vähintään K15 [8, s. 3].

| Tyyppi | Sallittu nostovoima [kN] | |
|-----------|--------------------------|-----------------------|
| | Nostokulma 0° | Nostokulma 30° |
| SCR 12 | 20,0 | 17,3 |
| SCR 16 L | 30,0 | 26,0 |
| SCR 20 L | 47,0 | 40,7 |
| SCR 25 LX | 66,0 | 57,2 |

Taulukko 41. SCR-nostolenkkien kapasiteetit nostokulmilla 0° ja 30° [8, s. 3].

8.7.3 Reunaetäisyydet ja sijoitteluohje

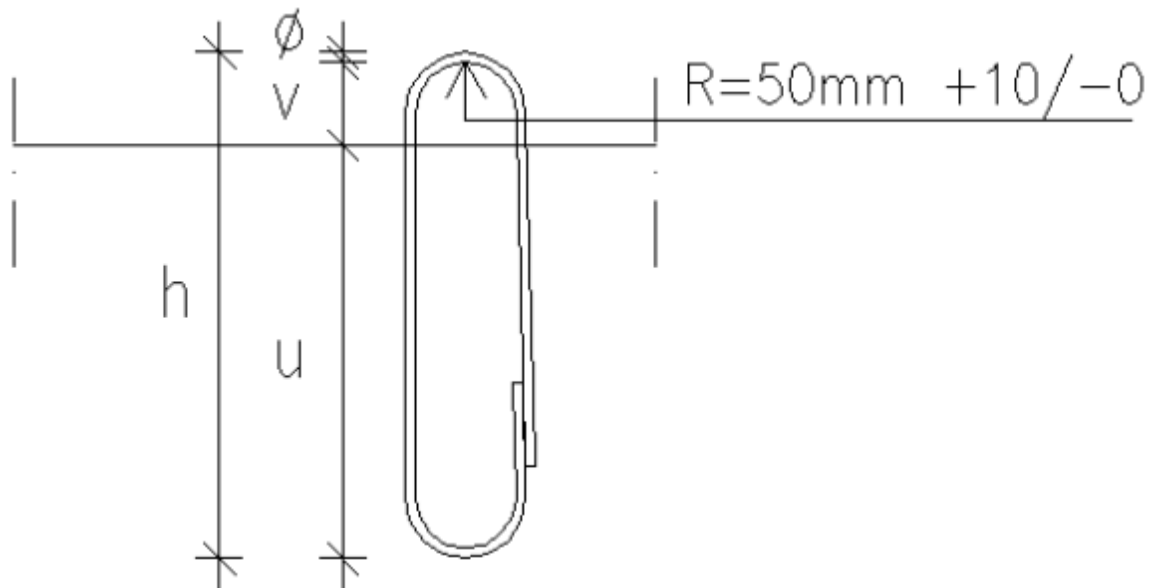
SCR-nostolenkit tulee sijoittaa elementin päästä katsottuna keskelle. Nostolenkin etäisyys elementin reunasta (y) on oltava vähintään nostolenkin upotussyvyys (u) ja nostolenkkien väli (x) on oltava vähintään $2 \times u$ kuvan 44 mukaisesti [8, s. 3]. Kuvassa on PB-tyyppin nostolenkki sijoitettuna kuorielementtiin, mutta sijoittamisen periaate on sama kuin SCR-lenkeillä.



Kuva 44. Periaatekuva SCR-nostolenkkien sijoittamisesta elementtiin [8, s. 3].

8.8 Pintos PB, PBK ja PBR

Pintos PB-, PBK- ja PBR-nostolenkit ovat kuvan 45 mukaisia, väliseinä-, kuori- ja sandwichelementtien nostoon tarkoitettuja, pyöröteräksestä taivutettuja ja saumasta hitsattuja nostolenkkejä [9, s. 3].



Kuva 45. PB-nostolenkki [9, s. 3].

Kuvassa 45 h on nostolenkin kokonaiskorkeus, u on nostolenkin upotussyvyys, \emptyset on nostolenkin tangon halkaisija ja v on vapaa väli betonin pinnasta nostolenkkiin. Nostolenkin kokonaispituus lasketaan kaavalla 20.

$$h = u + \emptyset + v. \quad (20)$$

Nostolenkin vapaa väli v betonin pinnan ja nostolenkin välillä on oltava vähintään 80 mm. Korkeuden h valmistustoleranssi on +25/-0 mm. [9, s. 3.]

PB-nostolenkkien valmistuksessa käytettävä teräslaatu on S235JR+AR tai vastaava, PBK-nostolenkkien valmistuksessa käytettävä teräslaatu on S355J0+N tai vastaava ja ruostumattomien PBR-lenkkien valmistuksessa käytettävä teräslaatu on 1.4301 tai vastaava [9, s. 4].

Nostolenkkejä ei saa taivuttaa asentamisen jälkeen katkeamisvaaran vuoksi. Ennen lenkin asentamista sen suorille osille voidaan tehdä lisätaivutuksia, joiden taivutussäteen tulee olla 5 x tangon halkaisija. Nostolenkki tulee asentaa elementtiin niin päin, että hitsaus jää betonin sisään ja nosto tapahtuu lenkin toisesta, hitsaamattomasta päästä. [9, s. 19.]

8.8.1 Kapasiteetit

Taulukossa 42 on esitetty PB-, PBK- ja PBR-nostolenkkien sallitut maksimikuormat. Taulukon kuormien varmuus murtoon nähden on 4. Suurimmat sallitut kuormat riippuvat nostolenkin upotussyvyydestä, elementin paksuudesta ja betonin lujuudesta [9, s. 5]. Liitteessä 4 ja 5 on esitetty nostolenkkien suurimmat sallitut kuormat eri upotussyvyyksillä, elementin paksuuksilla ja betonin lujuuksilla.

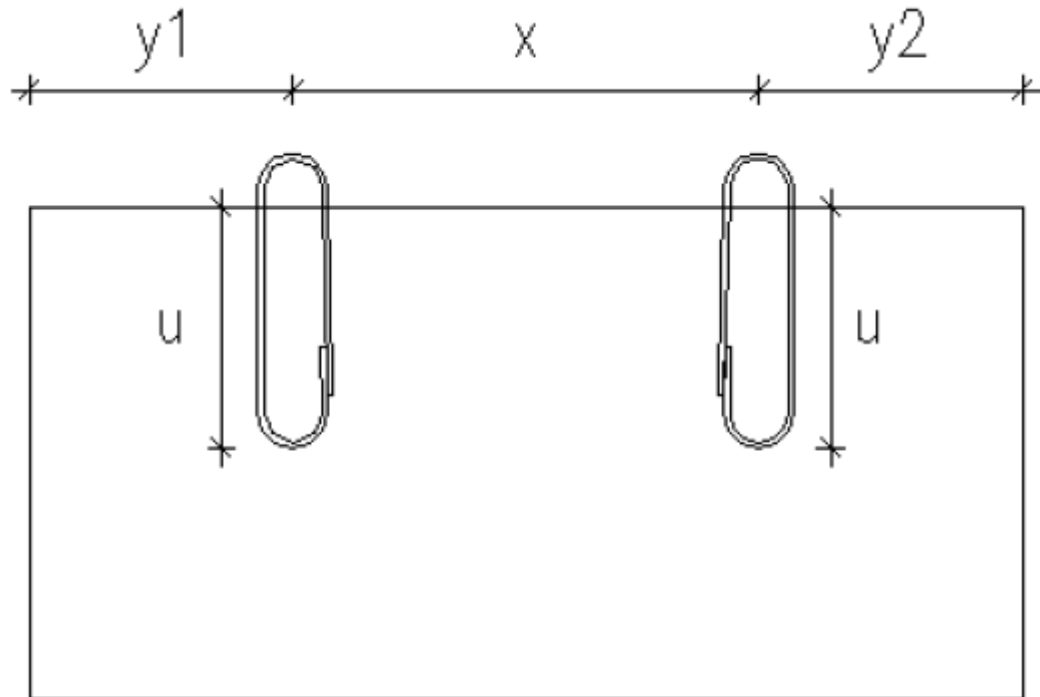
| Nostolenkki | Sallittu maksimikuorma [kN] |
|----------------|-----------------------------|
| PB 10 | 14,1 |
| PB 12 | 20,4 |
| PB 14 | 27,7 |
| PB 16 | 36,2 |
| PB 20 | 56,5 |
| PB 22 | 88,4 |
| PBK 10, PBR 10 | 19,6 |
| PBK 12, PBR 12 | 28,3 |
| PBK 14, PBR 14 | 38,5 |
| PBK 16, PBR 16 | 50,3 |
| PBK 20, PBR 20 | 78,5 |
| PBK 25, PBR 25 | 112,7 |

Taulukko 42. PB-, PBK- ja PBR-nostolenkkien sallitut maksimikuormat [9, s. 5].

PBK- ja PBR-nostolenkeillä suurin suositeltava haarakulman maksimiarvo nostettaessa on 90° [9, s. 17].

8.8.2 Reunaetäisyydet ja sijoitteluohje

Nostolenkit tulee sijoittaa elementtiin siten, että nostolenkin etäisyys reunasta tulee olla vähintään sen upotussyvyys ($y_1 = y_2 = u$) ja nostolenkkien välinen etäisyys tulee olla vähintään kaksi kertaa upotussyvyys ($x = 2u$) kuvan 46 mukaisesti.



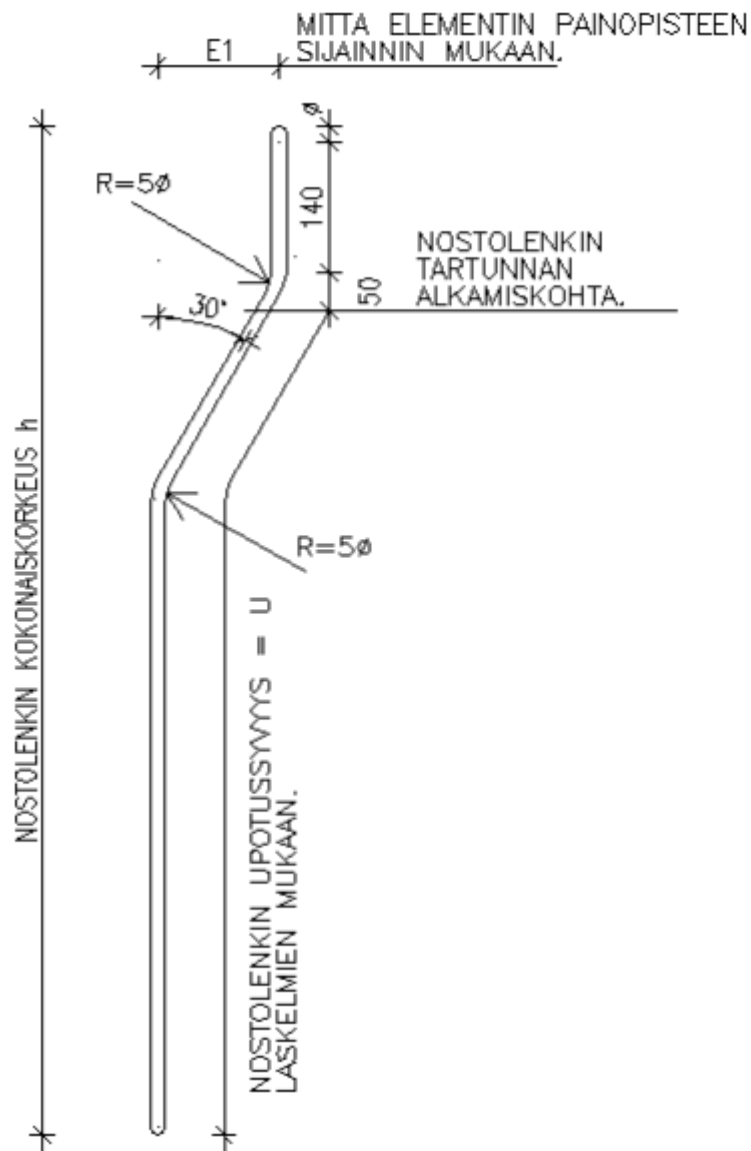
Kuva 46. PB-, PBK- ja PBR-nostolenkkien sijoittaminen seinäelementtiin [9, s. 16].

Nostolenkin reunaetäisyyden y tai nostolenkkien välisen etäisyyden x ollessa minimiarvoja pienempi, tulee nostolenkkien kapasiteettia pienentää liitteen 4 ja 5 taulukoiden mukaisesti käyttäen upotussyvyyden arvona pienintä arvoa eli käytettävä $u = \min(y_1, y_2, x/2)$. Väliarvot voidaan interpoloida suoraviivaisesti. [9, s. 16.]

Nostolenkin sijainti elementin paksuussuunnassa saa poiketa 10 mm. Poikkeaman ollessa yli 10 mm tulee nostolenkin kapasiteettia pienentää liitteen 4 taulukoiden mukaisesti käyttämällä elementin paksuutena sijainnin poikkeaman verran pienempää elementin paksuutta. Väliarvot voidaan interpoloida suoraviivaisesti. [9, s. 16.]

8.8.3 Taivutettu PB-, PBK- ja PBR-nostolenkki sandwichelementissä

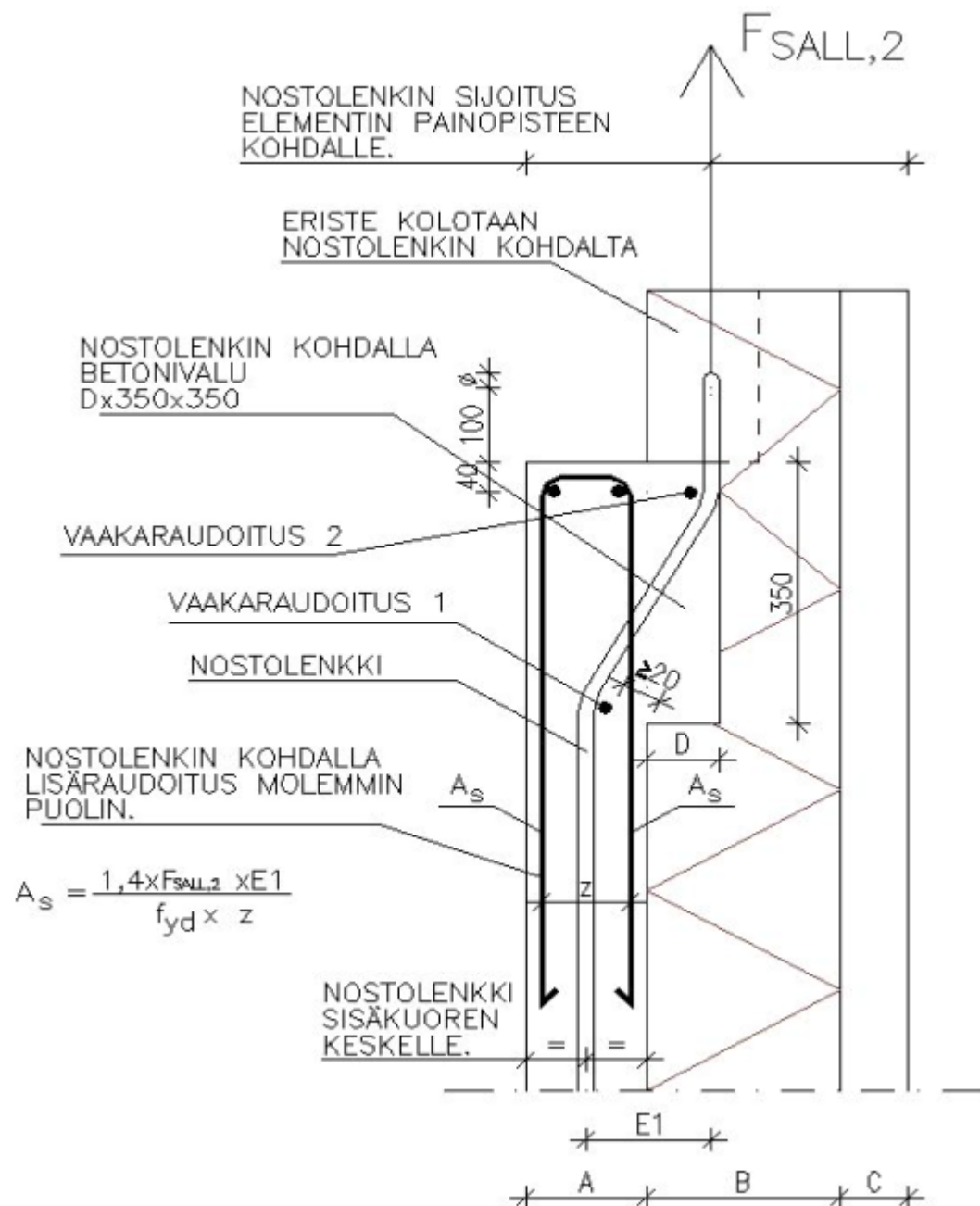
Jos PB-, PBK-, ja PBR-nostolenkkejä käytetään sandwichelementtien nostoon, taivutetaan nostolenkki kuvan 47 mukaisesti, jotta nosto tapahtuu elementin painopisteestä. Nostolenkin upotussyvyys u määritetään tartunnan alkamiskohdasta. [9, s. 13.] Taivutetun nostolenkin kapasiteetti on $0,866 \times$ vastaavan suoran nostolenkin kapasiteetista [9, s. 14].



Kuva 47. Taivutettu PB-nostolenkki [9, s. 13].

Taivutetun nostolenkin korkeuden h valmistustoleranssi on $+25/-0$ mm ja mitan $E1$ valmistustoleranssi on ± 5 mm [9, s. 13].

Taivutettua nostolenkkiä sandwichelementissä käytettäessä tulee elementtiin tehdä nostolenkin kohdalle kuvan 48 mukainen betonin levennys ja asentaa kuvan 48 ja taulukon 43 mukainen lisäraudoitus.



Kuva 48. Taivutetun PB-, PBK-, ja PBR-nostolenkin sijoittaminen sandwichelementtiin ja sen vaatima raudoitus [9, s. 14].

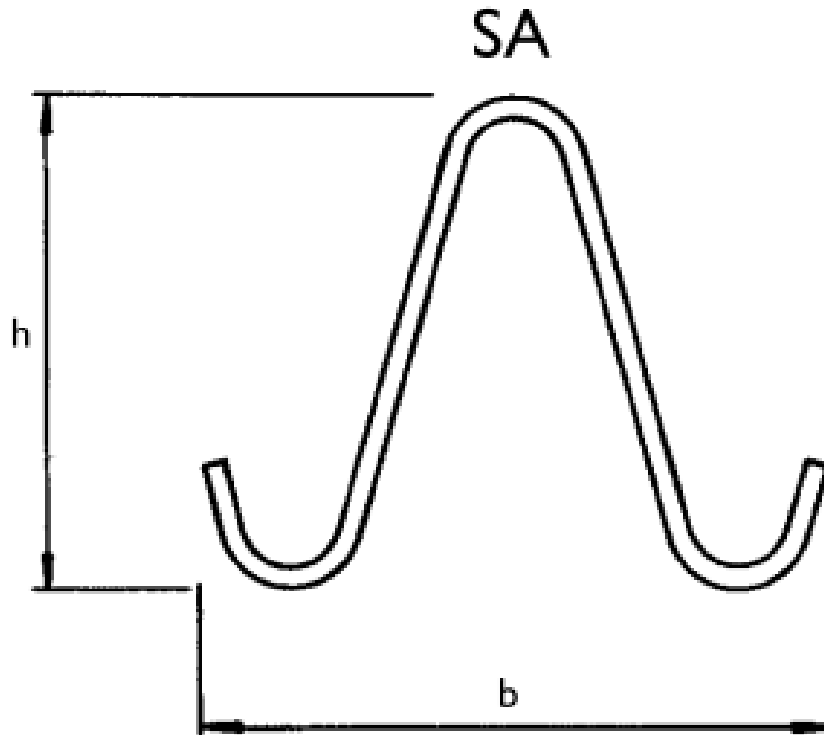
Taivutetun nostolenkin lisäterästen teräslaatu on B500K, A500HW tai B500B [9, s. 14].

| Taivutetun nostolenkin tangon halkai- sija [mm] | Vaakaraudoituksen halkaisija ja pituus [mm] | | | |
|--|---|------------------|----------------------|------------------|
| | Nostolenkki PB | | Nostolenkki PBK, PBR | |
| | Vaakaraudoitus 1 | Vaakaraudoitus 2 | Vaakaraudoitus 1 | Vaakaraudoitus 2 |
| 10 | 8-L600 | 8-L300 | 10-L700 | 10-L300 |
| 12 | 10-L700 | 10-L300 | 12-L850 | 12-L300 |
| 14 | 12-L850 | 12-L300 | 14-L1000 | 14-L300 |
| 16 | 14-L1000 | 14-L300 | 16-L1150 | 16-L300 |
| 20 | 16-L1150 | 16-L300 | 20-L1400 | 20-L300 |
| 26 | 20-L1400 | 20-L300 | 25-L1750 | 25-L300 |

Taulukko 43. Taivutetun PB-, PBK-, ja PBR-nostolenkkien lisäraudoitus sandwichelementissä [9, s. 14].

8.9 Pintos SA

Pintos SA on kuvan 49 mukainen, kuori- ja väliseinäelementtien nostoon tarkoitettu pyöröteräksestä taivutettu nostolenkki. SA-nostolenkit valmistetaan teräslaadusta S235JR. [8, s. 4.]



Kuva 49. Pintos SA -nostolenkki [8, s. 4].

8.9.1 Mitat

Taulukossa 44 on esitetty SA-nostolenkkien mitat. Nostolenkkien betonista ulosjäävän osan pituus saa olla korkeintaan 100 mm [8, s. 4].

| Nostolenkki | h [mm] | b [mm] |
|-------------|--------|--------|
| SA 12 | 820 | 640 |
| SA 16L | 830 | 750 |
| SA 16 | 1060 | 880 |
| SA 20 L | 1045 | 930 |
| SA 20 | 1380 | 1085 |
| SA 25 LX | 1170 | 1080 |
| SA 25 L | 1370 | 1180 |
| SA 25 | 1660 | 1330 |
| SA 32 L | 1590 | 1570 |
| SA 32 | 2120 | 1710 |

Taulukko 44. SA-nostolenkkien mitat

8.9.2 Kapasiteetit

Taulukossa 45 on esitetty SA-nostolenkkien kapasiteetit nostokulmien ollessa 0° ja 30°. Betonin lujuuden on nostohetkellä oltava vähintään K15 [8, s. 4].

| | Sallittu nostovoima [kN] | |
|-------------|--------------------------|----------------|
| Nostolenkki | Nostokulma 0° | Nostokulma 30° |
| SA 12 | 20,0 | 17,3 |
| SA 16L | 30,0 | 26,3 |
| SA 16 | 37,0 | 32,0 |
| SA 20 L | 47,0 | 40,7 |
| SA 20 | 58,0 | 50,2 |
| SA 25 LX | 66,0 | 57,2 |
| SA 25 L | 75,0 | 65,0 |
| SA 25 | 90,0 | 77,9 |
| SA 32 L | 112,0 | 97,0 |
| SA 32 | 148,0 | 128,2 |

Taulukko 45. SA-nostolenkkien kapasiteetit nostokulmilla 0° ja 30° [8, s. 4].

9 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä tutustuttiin betonielementtien nosto-osien suunnittelun ja mitoituksen teoriaan, nosto-osiin kohdistuvien kuormien laskemiseen sekä luotiin nosto-osien suunnittelu- ja valintaohje Suomen Elementtisuunnittelu Oy:n käyttöön. Nosto-osia valitessa tulee huomioida monta asiaa. Tärkeimpiä huomioon otettavia asioita ovat elementin tyyppi, paino, muoto ja nostotapa. On myös varmistettava millaisissa olosuhteissa elementti tulee olemaan asennuksen jälkeen, olosuhteet voivat vaatia ruostumattomien tai haponkestävien nosto-osien käyttöä.

Nosto-osaan kohdistuvan kuorman suuruus riippuu elementin painosta sekä haara- ja nostokulmasta. Haara- ja nostokulmaan vaikuttavat nostotapa sekä nosto-osien sijainti elementissä. Nosto-osien sijainti riippuu sallituista reunaetäisyyksistä sekä elementin painopisteestä, joka riippuu elementin muodosta. Elementin kääntäminen ilmassa aiheuttaa sen, että nosto-osiin kohdistuvat kuormitukset muuttuvat noston aikana. Joissakin tapauksissa nosto-osat vaativat elementtiin lisäraudoituksen. Lisäraudoituksessa, kuten muissakin nosto-osiin liittyvissä asioissa, tulee aina noudattaa valmistajien ohjeita. Valmistajien antamia nosto-osien maksimikuormia ei saa ylittää missään olosuhteissa.

Opinnäytetyötä tehdessä huomattiin, että Pintos Oy:n SCR-, SA- PB-, PBK- ja PBR-nostolenkkien suunnitteluohjeet ovat elementtisuunnittelijan näkökulmasta osittain puutteelliset reunaetäisyyksien ja sijoitteluohjeen kannalta. Nykyisen ohjeen mukaan nostolenkin minimietäisyys elementin reunasta on sen upotussyvyys ja lenkkien välinen etäisyys on kaksi kertaa upotussyvyys. Tästä johtuen lyhyitä, aukollisia seinäelementtejä ei näillä nostolenkeillä tämän ohjeen mukaan voisi nostaa. Käytännössä niin kuitenkin tehdään, tällaisessa tapauksessa elementti vain raudoitetaan niin, että se varmasti kestää, mutta Pintos Oy:llä ei ole tähän mitään virallista ohjetta. Tästä asiasta on Suomen Elementtisuunnittelu Oy:llä oltu yhteydessä Pintos Oy:n kanssa, ja heillä on tarkoitus tulevaisuudessa tarkentaa ja parantaa omia ohjeitaan.

Tähän ohjeeseen on kerätty Suomen Elementtisuunnittelu Oy:n tällä hetkellä käyttämien tuotteiden tiedot ja ohjeet. Ohjetta tullaan tulevaisuudessa muokkaamaan ja päivittämään sitä mukaa, kun otetaan käyttöön uusia tuotteita tai luovutaan joidenkin tuotteiden käytöstä. Tämä opinnäytetyö tullaan kevään 2018 aikana ottamaan käyttöön Suomen Elementtisuunnittelu Oy:n suunnittelun aputyökaluksi.

Lähteet

- 1 Betoniteollisuus ry. 2014. Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit 2010 + Muutokset 2014. Tampere, Suomen Rakennusmedia Oy.
- 2 R-Group Finland Oy. 2015. RCL lifting parts, Design instructions, Design according to Eurocodes.
- 3 R-Group Finland Oy. 2013. RLA Tyssäpäänostoankkurit, Eurokoodien mukainen suunnittelu.
- 4 Peikko Group. 2016. KK Lifting System For safe and efficient lifting of precast concrete elements.
- 5 Peikko Finland Oy. 2008. PLA nostoankkuri.
- 6 R-Group Finland Oy. 2013. R-nostoankkurit, Eurokoodien mukainen suunnittelu.
- 7 Peikko Finland Oy. 2012. PNLF nostolenkki, Ruostumaton nostolenkki sandwichelementeille.
- 8 Pintos Oy. 2017. Nostolenkit.
- 9 Pintos Oy. 2013. PB-, PBK- ja PBR-nostolenkkien käyttöohje.

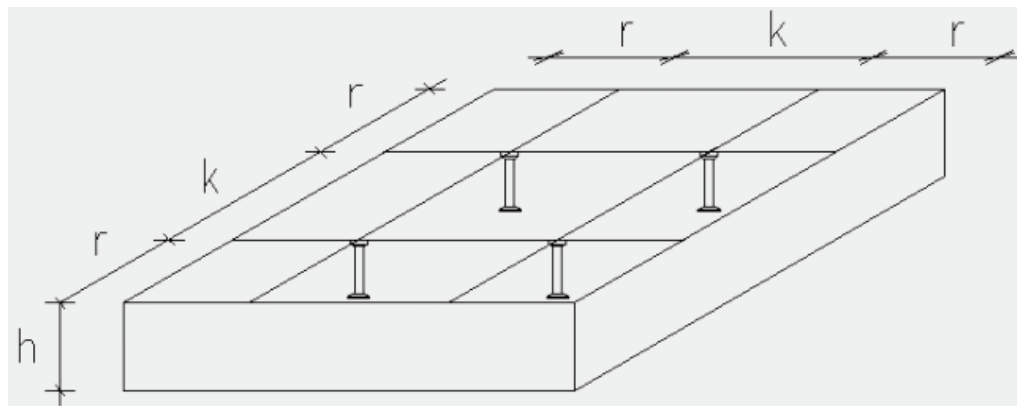
R-Group RLA-ankkureiden kapasiteetit ja reunaetäisyydet

Taulukossa ja kuvassa on esitetty RLA-ankkureiden reunaetäisyydet ja kapasiteetit 0-45° nostoille laattarakenteessa. Taulukon arvot ja kuva on otettu opinnäytetyön lähteestä 3.

| Nostoankkuri | Laatan min. paksuus h [mm] | Reunaetäisyys r [mm] | Keskiöetäisyys k [mm] | Kapasiteetti F_{Rd} [kN] |
|---------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| RLA 1.3 - 40 | 70 | 72 | 144 | 2,2 |
| RLA 1.3 - 50 | 80 | 87 | 174 | 2,9 |
| RLA 1.3 - 65 | 95 | 110 | 219 | 4,1 |
| RLA 1.3 - 85 | 115 | 140 | 279 | 5,6 |
| RLA 1.3 - 120 | 150 | 192 | 384 | 5,6 |
| RLA 2.5 - 55 | 85 | 93 | 186 | 3,3 |
| RLA 2.5 - 65 | 95 | 108 | 216 | 4,0 |
| RLA 2.5 - 85 | 115 | 138 | 276 | 5,6 |
| RLA 2.5 - 120 | 150 | 191 | 381 | 7,8 |
| RLA 2.5 - 170 | 200 | 266 | 531 | 7,8 |
| RLA 4.0 – 75 | 105 | 123 | 246 | 7,2 |
| RLA 4.0 – 100 | 130 | 161 | 321 | 10,1 |
| RLA 4.0 – 120 | 150 | 191 | 381 | 11,7 |
| RLA 4.0 - 170 | 200 | 266 | 531 | 11,7 |
| RLA 4.0 – 210 | 240 | 326 | 651 | 11,7 |
| RLA 4.0 – 340 | 370 | 521 | 1041 | 11,7 |
| RLA 5.0 – 85 | 115 | 138 | 276 | 9,3 |

| | | | | |
|---------------|-----|-----|------|------|
| RLA 5.0 – 95 | 125 | 153 | 306 | 10,6 |
| RLA 5.0 – 120 | 150 | 191 | 381 | 13,8 |
| RLA 5.0 – 180 | 210 | 281 | 561 | 21,5 |
| RLA 5.0 – 240 | 270 | 371 | 741 | 21,6 |
| RLA 7.5 – 100 | 130 | 158 | 315 | 11,0 |
| RLA 7.5 – 120 | 150 | 188 | 375 | 13,5 |
| RLA 7.5 – 140 | 170 | 218 | 435 | 16,1 |
| RLA 7.5 – 165 | 195 | 255 | 510 | 19,3 |
| RLA 7.5 – 200 | 230 | 308 | 615 | 21,6 |
| RLA 7.5 – 300 | 330 | 458 | 915 | 21,6 |
| RLA 10 – 115 | 145 | 179 | 357 | 19,2 |
| RLA 10 – 135 | 165 | 209 | 417 | 23,0 |
| RLA 10 – 150 | 180 | 231 | 462 | 25,9 |
| RLA 10 – 170 | 200 | 261 | 522 | 29,8 |
| RLA 10 – 250 | 280 | 381 | 762 | 32,4 |
| RLA 10 – 340 | 370 | 516 | 1032 | 32,4 |
| RLA 15 – 140 | 170 | 215 | 431 | 19,1 |
| RLA 15 – 165 | 195 | 253 | 506 | 23,0 |
| RLA 15 – 200 | 230 | 305 | 611 | 28,4 |
| RLA 15 – 300 | 330 | 455 | 911 | 31,1 |
| RLA 15 – 400 | 430 | 605 | 1211 | 31,1 |
| RLA 20 – 200 | 230 | 303 | 606 | 42,3 |

| | | | | |
|--------------|-----|-----|------|------|
| RLA 20 – 240 | 270 | 363 | 726 | 46,7 |
| RLA 20 – 250 | 280 | 378 | 756 | 46,7 |
| RLA 20 – 340 | 370 | 513 | 1026 | 46,7 |
| RLA 20 – 500 | 530 | 753 | 1506 | 46,7 |



Taulukon kuorman osavarmuuskerroin on 1,0 ja kokonaisvarmuus murtoon nähden on 4,0. RLA-nostoankkureiden suurin sallittu nostokulma α on 60° ja nostettavan elementin betonin lujuuden on nostohetkellä oltava vähintään C15/20.

Peikko KK Short ankkureiden kapasiteetit ja reunaetäisyydet

KK Short -ankkureilla suurin sallittu nostokulma on 45° ja elementin betonin lujuuden on nostohetkellä oltava vähintään C15/20. Taulukossa on esitetty KK Short -ankkureiden kapasiteetit. Taulukon arvot on otettu opinnäytetyön lähteestä 4.

| Betonin lujuus | | 15 MPa | 20 MPa | 25 MPa | 15 MPa | 20 MPa | 25 MPa | 30 MPa | 35 MPa |
|---------------------------|-----------|---|-----------|-----------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | | | | | |
| Kuor- mitus- luokka | L [mm] | Kapasiteetti nostokul- man ollessa 0°-30° [kN] | | | Kapasiteetti nostokulman ollessa 30°-45° [kN] | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 1.3 | 50 | 8,7 | 10,0 | 11,2 | 7,4 | 8,6 | 9,6 | 10,5 | 11,3 |
| | 55 | 9,9 | 11,5 | 12,8 | 8,5 | 9,8 | 11,0 | 12,0 | 13,0 |
| | 65 | 12,7 | 13,0 | 13,0 | 10,8 | 12,5 | 13,0 | 13,0 | 13,0 |
| | 85 | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 |
| 2.5 | 65 | 12,4 | 14,3 | 16,0 | 10,6 | 12,2 | 13,7 | 15,0 | 16,2 |
| | 75 | 15,3 | 17,6 | 19,7 | 13,1 | 15,2 | 16,8 | 18,5 | 19,9 |
| | 85 | 18,4 | 21,2 | 23,7 | 15,7 | 18,1 | 20,3 | 22,2 | 24,0 |
| | 90 | 20,0 | 23,1 | 25,0 | 17,1 | 19,7 | 22,0 | 24,1 | 25,0 |
| | 100 | 23,3 | 25,0 | 25,0 | 19,9 | 23,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| | 120 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| | 140 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| 4.0 | 75 | 16,5 | 19,0 | 21,3 | 14,1 | 16,3 | 18,2 | 19,9 | 21,5 |
| | 85 | 19,6 | 22,7 | 25,4 | 16,8 | 19,4 | 21,7 | 23,7 | 25,7 |
| | 120 | 32,1 | 37,0 | 40,0 | 27,4 | 31,7 | 35,4 | 38,8 | 40,0 |

| | | | | | | | | | |
|------|-----|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 4.0 | 150 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 37,8 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 |
| | 170 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 |
| 5.0 | 65 | 13,5 | 15,6 | 17,4 | 11,5 | 13,3 | 14,9 | 16,3 | 17,6 |
| | 75 | 16,5 | 19,0 | 21,3 | 14,1 | 16,3 | 18,2 | 19,9 | 21,5 |
| | 90 | 21,3 | 24,6 | 27,5 | 18,2 | 21,0 | 23,5 | 25,7 | 27,8 |
| | 95 | 23,0 | 26,5 | 29,7 | 19,7 | 22,7 | 25,4 | 27,8 | 30,0 |
| | 110 | 28,3 | 32,7 | 36,6 | 24,2 | 28,0 | 31,3 | 34,2 | 37,0 |
| | 120 | 32,1 | 37,0 | 41,4 | 27,4 | 31,7 | 35,4 | 38,8 | 41,9 |
| | 135 | 38,0 | 43,9 | 49,0 | 32,5 | 37,5 | 41,9 | 45,9 | 49,6 |
| | 180 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 49,6 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 |
| 7.5 | 85 | 19,3 | 22,3 | 24,9 | 16,5 | 19,1 | 21,3 | 23,4 | 25,2 |
| | 100 | 24,4 | 28,1 | 31,5 | 20,8 | 24,1 | 26,9 | 29,5 | 31,8 |
| | 120 | 31,7 | 36,6 | 40,9 | 27,1 | 31,3 | 35,0 | 38,3 | 41,4 |
| | 140 | 39,6 | 45,8 | 51,2 | 33,9 | 39,1 | 43,7 | 47,9 | 51,8 |
| | 160 | 48,1 | 55,6 | 62,1 | 41,2 | 47,5 | 53,1 | 58,2 | 62,9 |
| | 170 | 52,6 | 60,7 | 67,9 | 45,0 | 51,9 | 58,0 | 63,6 | 68,7 |
| | 200 | 66,7 | 75,0 | 75,0 | 57,0 | 65,9 | 73,6 | 75,0 | 75,0 |
| 10.0 | 120 | 30,9 | 35,7 | 39,9 | 26,4 | 30,5 | 34,1 | 37,4 | 40,4 |
| | 150 | 43,0 | 49,6 | 55,5 | 36,7 | 42,4 | 47,4 | 51,9 | 56,1 |
| | 170 | 51,7 | 59,7 | 66,7 | 44,2 | 51,0 | 57,0 | 62,5 | 67,5 |
| | 200 | 65,7 | 75,9 | 84,9 | 56,2 | 64,9 | 72,6 | 79,5 | 85,9 |
| | 250 | 91,5 | 1,00 | 100,0 | 41,9 | 48,8 | 54,1 | 59,3 | 64,0 |

| | | | | | | | | | |
|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 15.0 | 165 | 49,0 | 56,6 | 63,3 | 41,9 | 48,4 | 54,1 | 59,3 | 64,0 |
| | 200 | 65,2 | 75,3 | 84,2 | 55,8 | 64,4 | 72,0 | 78,9 | 85,2 |
| | 250 | 91,0 | 105,1 | 117,5 | 77,8 | 89,8 | 100,4 | 110,0 | 118,8 |
| | 300 | 119,4 | 137,9 | 150,0 | 102,1 | 117,9 | 131,8 | 144,4 | 150,0 |
| 20.0 | 165 | 48,6 | 56,1 | 62,7 | 41,5 | 48,0 | 53,6 | 58,7 | 63,4 |
| | 200 | 64,8 | 74,8 | 83,6 | 55,4 | 63,9 | 71,5 | 78,3 | 84,6 |
| | 340 | 143,3 | 165,5 | 185,0 | 122,5 | 141,5 | 158,2 | 173,3 | 187,2 |
| 32.0 | 250 | 91,5 | 105,7 | 118,2 | 78,3 | 90,4 | 101,0 | 110,7 | 119,5 |
| | 280 | 108,3 | 125,1 | 139,8 | 92,6 | 106,9 | 101,0 | 110,7 | 119,5 |
| | 320 | 132,1 | 152,6 | 170,6 | 113,0 | 130,4 | 145,8 | 159,7 | 172,5 |
| | 500 | 257,0 | 296,7 | 320,0 | 219,7 | 253,7 | 283,6 | 310,7 | 320,0 |

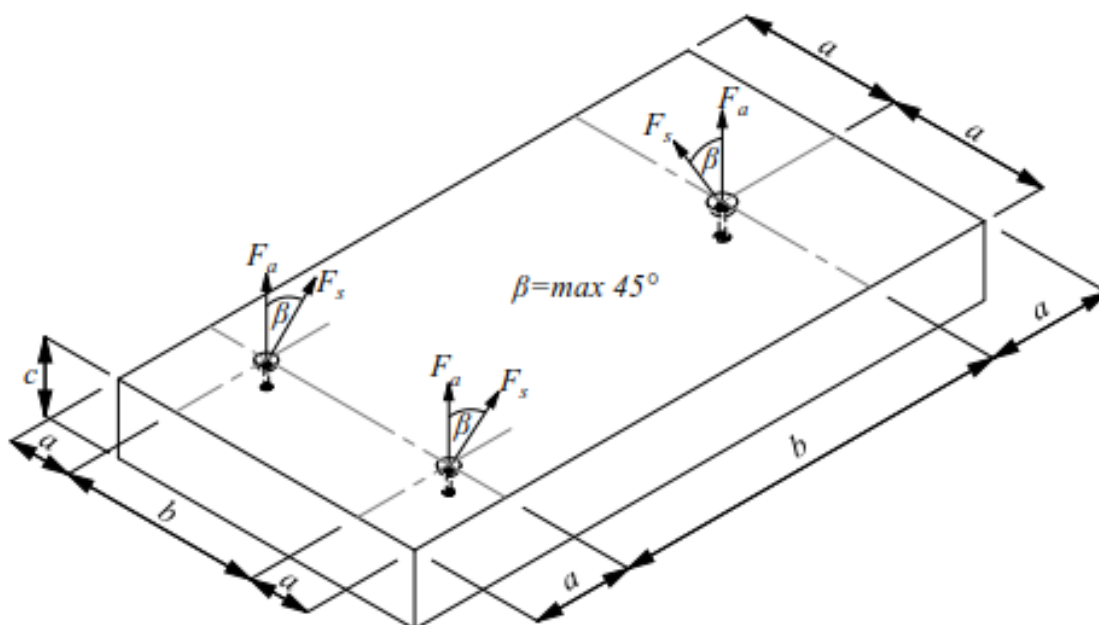
Peikko KK Short ankkureiden reunaetäisyydet

KK Short -ankkureiden reunaetäisyydet ja sijoittaminen on esitetty taulukossa ja kuvassa. Taulukon arvot ja kuva on otettu opinnäytetyön lähteestä 4.

| Kuormitusluokka | L [mm] | a [mm] | b [mm] | c [mm] |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| 1.3 | 50 | 90 | 180 | 85 |
| | 55 | 95 | 190 | 90 |
| | 65 | 110 | 220 | 100 |
| | 85 | 140 | 280 | 120 |
| 2.5 | 65 | 110 | 220 | 105 |
| | 75 | 125 | 250 | 115 |
| | 85 | 140 | 280 | 125 |
| | 90 | 150 | 300 | 135 |
| | 100 | 165 | 330 | 140 |
| | 120 | 195 | 390 | 160 |
| | 140 | 225 | 450 | 180 |
| 4.0 | 75 | 135 | 270 | 115 |
| | 85 | 150 | 300 | 125 |
| | 100 | 170 | 340 | 140 |
| | 120 | 195 | 390 | 160 |
| | 150 | 245 | 490 | 190 |
| | 170 | 275 | 550 | 210 |
| 5.0 | 75 | 135 | 270 | 120 |

| | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|
| 5.0 | 90 | 150 | 300 | 125 |
| | 95 | 165 | 330 | 140 |
| | 110 | 185 | 370 | 155 |
| | 120 | 200 | 400 | 165 |
| | 135 | 225 | 450 | 180 |
| | 180 | 290 | 580 | 225 |
| 7.5 | 85 | 150 | 300 | 130 |
| | 100 | 170 | 340 | 145 |
| | 120 | 200 | 400 | 165 |
| | 140 | 225 | 450 | 185 |
| | 160 | 260 | 520 | 205 |
| | 170 | 275 | 550 | 215 |
| | 200 | 320 | 640 | 245 |
| 10.0 | 120 | 200 | 400 | 165 |
| | 150 | 245 | 490 | 195 |
| | 170 | 275 | 550 | 215 |
| | 200 | 320 | 640 | 245 |
| | 250 | 350 | 700 | 295 |
| 15.0 | 165 | 265 | 530 | 205 |
| | 200 | 320 | 640 | 245 |
| | 250 | 350 | 700 | 295 |
| | 300 | 465 | 930 | 345 |

| | | | | |
|------|-----|-----|------|-----|
| 20.0 | 165 | 265 | 530 | 205 |
| | 200 | 320 | 640 | 245 |
| | 340 | 535 | 1070 | 385 |
| 32.0 | 250 | 350 | 700 | 295 |
| | 280 | 445 | 890 | 325 |
| | 320 | 505 | 1010 | 365 |
| | 500 | 775 | 1550 | 545 |



**PB-, PBK- ja PBR-nostolenkkien upotussyvyyden minimiarvot sallitun maksimi-
kuorman saavuttamiseksi**

Taulukoissa on esitetty vaadittavien upotussyvyysien minimiarvot, joilla nostolenkkien täysi kapasiteetti voidaan saavuttaa annetuilla elementin paksuuksilla ja betonin lujuuksilla. Taulukot on otettu opinnäytetyön lähteestä 9.

PB 10, PBK 10, PBR 10

| Betonin lujuusluokka [K] | Upotussyvyydet [mm] | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | K15 | | K20 | | K25 | | K30 | |
| | Betonelementin paksuus [mm] | PB 10 PBK 10 PBR 10 | PB 10 PBK 10 PBR 10 | PB 10 PBK 10 PBR 10 | PB 10 PBK 10 PBR 10 | PB 10 PBK 10 PBR 10 | PB 10 PBK 10 PBR 10 | PB 10 PBK 10 PBR 10 |
| 60 | 690 | 865 | 690 | 690 | 690 | 690 | 690 | 690 |
| 80 | 565 | 805 | 565 | 590 | 565 | 565 | 565 | 565 |
| 100 | 495 | 750 | 495 | 535 | 495 | 495 | 495 | 495 |
| 120 | 440 | 730 | 420 | 505 | 420 | 420 | 420 | 420 |
| 140 | 440 | 730 | 350 | 505 | 350 | 355 | 350 | 350 |
| 160 | 440 | 730 | 305 | 505 | 305 | 355 | 305 | 305 |
| 180 | 440 | 730 | 270 | 505 | 265 | 355 | 265 | 265 |
| 200 | 440 | 730 | 270 | 505 | 240 | 355 | 240 | 240 |
| 220 | 440 | 730 | 270 | 505 | 215 | 355 | 215 | 240 |
| 240 | 440 | 730 | 270 | 505 | 200 | 355 | 200 | 240 |
| 260 | 440 | 730 | 270 | 505 | 180 | 355 | 180 | 240 |
| Sallittu kuorma [kN] | 14,1 | 19,6 | 14,1 | 19,6 | 14,1 | 19,6 | 14,1 | 19,6 |

PB 12, PBK 12, PBR 12

| Betonin lujuusluokka [K] | Upotussyvyydet [mm] | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | K15 | | K20 | | K25 | | K30 | |
| | Betonelementin paksuus [mm] | PB 12 PBK 12 PBR 12 | PB 12 PBK 12 PBR 12 | PB 12 PBK 12 PBR 12 | PB 12 PBK 12 PBR 12 | PB 12 PBK 12 PBR 12 | PB 12 PBK 12 PBR 12 | PB 12 PBK 12 PBR 12 |
| 60 | 760 | 1095 | 760 | 855 | 760 | 760 | 760 | 760 |
| 80 | 695 | 1040 | 620 | 795 | 620 | 625 | 620 | 620 |
| 100 | 650 | 995 | 540 | 740 | 540 | 570 | 540 | 540 |
| 120 | 605 | 950 | 485 | 695 | 485 | 520 | 485 | 485 |
| 140 | 590 | 935 | 420 | 680 | 420 | 505 | 420 | 420 |
| 160 | 590 | 935 | 395 | 680 | 365 | 505 | 365 | 370 |
| 180 | 590 | 935 | 395 | 680 | 320 | 505 | 320 | 370 |
| 200 | 590 | 935 | 395 | 680 | 285 | 505 | 285 | 370 |
| 220 | 590 | 935 | 395 | 680 | 260 | 505 | 260 | 370 |
| 240 | 590 | 935 | 395 | 680 | 255 | 505 | 235 | 370 |
| 260 | 590 | 935 | 395 | 680 | 255 | 505 | 220 | 370 |
| Sallittu kuorma [kN] | 20,4 | 28,3 | 20,4 | 28,3 | 20,4 | 28,3 | 20,4 | 28,3 |

PB 14, PBK 14, PBR 14

| Betoinin lujuusluokka [K] | Upotussyvytydet [mm] | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| | K15 | | K20 | | K25 | | K30 | |
| | PB 14 | PBK 14 PBR 14 | PB 14 | PBK 14 PBR 14 | PB 14 | PBK 14 PBR 14 | PB 14 | PBK 14 PBR 14 |
| 60 | 920 | 1325 | 820 | 1050 | 820 | 865 | 820 | 820 |
| 80 | 870 | 1270 | 675 | 990 | 675 | 805 | 675 | 675 |
| 100 | 825 | 1225 | 610 | 945 | 585 | 750 | 585 | 610 |
| 120 | 785 | 1190 | 565 | 900 | 525 | 705 | 525 | 560 |
| 140 | 750 | 1155 | 530 | 860 | 480 | 665 | 480 | 515 |
| 160 | 740 | 1145 | 520 | 850 | 425 | 650 | 425 | 505 |
| 180 | 740 | 1145 | 520 | 850 | 375 | 650 | 375 | 505 |
| 200 | 740 | 1145 | 520 | 850 | 365 | 650 | 335 | 505 |
| 220 | 740 | 1145 | 520 | 850 | 365 | 650 | 300 | 505 |
| 240 | 740 | 1145 | 520 | 850 | 365 | 650 | 275 | 505 |
| 260 | 740 | 1145 | 520 | 850 | 365 | 650 | 255 | 505 |
| Sallittu kuorma [kN] | 27,7 | 38,5 | 27,7 | 38,5 | 27,7 | 38,5 | 27,7 | 38,5 |

PB 16, PBK 16, PBR 16

| Betoinin lujuusluokka [K] | Upotussyvytydet [mm] | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| | K15 | | K20 | | K25 | | K30 | |
| | PB 16 | PBK 16 PBR 16 | PB 16 | PBK 16 PBR 16 | PB 16 | PBK 16 PBR 16 | PB 16 | PBK 16 PBR 16 |
| 60 | 1085 | 1545 | 880 | 1235 | 880 | 1030 | 880 | 880 |
| 80 | 1035 | 1495 | 805 | 1185 | 720 | 975 | 720 | 820 |
| 100 | 995 | 1455 | 760 | 1140 | 625 | 925 | 625 | 765 |
| 120 | 960 | 1420 | 720 | 1100 | 560 | 880 | 560 | 720 |
| 140 | 925 | 1385 | 680 | 1060 | 515 | 840 | 515 | 680 |
| 160 | 895 | 1355 | 650 | 1030 | 480 | 805 | 480 | 640 |
| 180 | 890 | 1350 | 640 | 1020 | 470 | 800 | 425 | 635 |
| 200 | 890 | 1350 | 640 | 1020 | 470 | 800 | 380 | 635 |
| 220 | 890 | 1350 | 640 | 1020 | 470 | 800 | 345 | 635 |
| 240 | 890 | 1350 | 640 | 1020 | 470 | 800 | 345 | 635 |
| 260 | 890 | 1350 | 640 | 1020 | 470 | 800 | 345 | 635 |
| Sallittu kuorma [kN] | 36,2 | 50,3 | 36,2 | 50,3 | 36,2 | 50,3 | 36,2 | 50,3 |

PB 20, PBK 20, PBR 20

| Betoinin lujuusluokka [K] | Upotussyvyudet [mm] | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| | K15 | | K20 | | K25 | | K30 | |
| | PB 20 | PBK 20 PBR 20 | PB 20 | PBK 20 PBR 20 | PB 20 | PBK 20 PBR 20 | PB 20 | PBK 20 PBR 20 |
| 60 | 1410 | 1985 | 1130 | 1605 | 985 | 1355 | 985 | 1170 |
| 80 | 1365 | 1940 | 1080 | 1555 | 895 | 1300 | 805 | 1115 |
| 100 | 1325 | 1905 | 1040 | 1515 | 850 | 1260 | 710 | 1070 |
| 120 | 1295 | 1870 | 1005 | 1480 | 810 | 1220 | 670 | 1030 |
| 140 | 1265 | 1840 | 975 | 1450 | 775 | 1185 | 630 | 995 |
| 160 | 1240 | 1815 | 945 | 1420 | 745 | 1155 | 595 | 960 |
| 180 | 1215 | 1790 | 915 | 1390 | 715 | 1125 | 565 | 930 |
| 200 | 1190 | 1765 | 890 | 1365 | 685 | 1095 | 535 | 900 |
| 220 | 1190 | 1765 | 890 | 1365 | 685 | 1095 | 535 | 900 |
| 240 | 1190 | 1765 | 890 | 1365 | 685 | 1095 | 535 | 900 |
| 260 | 1190 | 1765 | 890 | 1365 | 685 | 1095 | 535 | 900 |
| Sallittu kuorma [kN] | 56,5 | 78,5 | 56,5 | 78,5 | 56,5 | 78,5 | 56,5 | 78,5 |

PB 25, PBK 25, PBR 25

| Betoinin lujuusluokka [K] | Upotussyvyudet [mm] | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| | K15 | | K20 | | K25 | | K30 | |
| | PB 25 | PBK 25 PBR 25 | PB 25 | PBK 25 PBR 25 | PB 25 | PBK 25 PBR 25 | PB 25 | PBK 25 PBR 25 |
| 60 | 1805 | 2525 | 1465 | 2055 | 1235 | 1750 | 1100 | 1525 |
| 80 | 1765 | 2485 | 1420 | 2015 | 1190 | 1705 | 1025 | 1480 |
| 100 | 1730 | 2450 | 1385 | 1980 | 1150 | 1665 | 985 | 1435 |
| 120 | 1700 | 2420 | 1350 | 1945 | 1120 | 1630 | 945 | 1400 |
| 140 | 1675 | 2395 | 1325 | 1915 | 1085 | 1600 | 915 | 1365 |
| 160 | 1650 | 2370 | 1295 | 1890 | 1060 | 1570 | 885 | 1335 |
| 180 | 1630 | 2350 | 1270 | 1865 | 1030 | 1545 | 855 | 1310 |
| 200 | 1610 | 2330 | 1250 | 1840 | 1005 | 1520 | 830 | 1280 |
| 220 | 1590 | 2310 | 1225 | 1820 | 985 | 1495 | 805 | 1255 |
| 240 | 1570 | 2290 | 1205 | 1800 | 960 | 1470 | 780 | 1230 |
| 260 | 1565 | 2285 | 1200 | 1795 | 955 | 1465 | 775 | 1225 |
| Sallittu kuorma [kN] | 88,4 | 122,7 | 88,4 | 122,7 | 88,4 | 122,7 | 88,4 | 122,7 |

PB-, PBK- ja PBR-nostolenkkien suurimmat sallitut kuormat valitulla upotussyvyydellä

Taulukoissa on esitetty nostolenkkien suurimmat sallitut kuormat valitulla elementin paksuudella, betonin lujuudella ja upotussyvyydellä $u = 250$ mm. Nostolenkin käytettävän sallitun kuorman arvo maksimikapasiteetin ja 250 mm upotussyvyiden välillä voidaan interpoloida suoraviivaisesti upotussyvyiden funktiona. Taulukot on otettu opinnäytetyön lähteestä 9.

PB 10, PBK 10, PBR 10

| Betonin lujuusluokka [K] | Upotussyvyys $u = 250$ mm | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| | Sallitut kuormat [kN] | | | | | | | |
| | K15 | | K20 | | K25 | | K30 | |
| Betonelementin paksuus [mm] | PB 10 | PBK 10 PBR 10 | PB 10 | PBK 10 PBR 10 | PB 10 | PBK 10 PBR 10 | PB 10 | PBK 10 PBR 10 |
| 60 | 4,5 | 4,5 | 5,5 | 5,5 | 6,3 | 6,3 | 7,2 | 7,2 |
| 80 | 5,3 | 5,3 | 6,5 | 6,5 | 7,5 | 7,5 | 8,5 | 8,5 |
| 100 | 6,2 | 6,2 | 7,5 | 7,5 | 8,6 | 8,6 | 9,8 | 9,8 |
| 120 | 6,8 | 6,8 | 8,4 | 8,4 | 9,8 | 9,8 | 11,1 | 11,1 |
| 140 | 6,8 | 6,8 | 8,7 | 8,7 | 10,6 | 10,6 | 12,4 | 12,4 |
| 160 | 6,8 | 6,8 | 8,7 | 8,7 | 10,6 | 10,6 | 12,4 | 12,4 |
| 180 | 6,8 | 6,8 | 8,7 | 8,7 | 10,6 | 10,6 | 12,4 | 12,4 |
| 200 | 6,8 | 6,8 | 8,7 | 8,7 | 10,6 | 10,6 | 12,4 | 12,4 |
| 220 | 6,8 | 6,8 | 8,7 | 8,7 | 10,6 | 10,6 | 12,4 | 12,4 |
| 240 | 6,8 | 6,8 | 8,7 | 8,7 | 10,6 | 10,6 | 12,4 | 12,4 |
| 260 | 6,8 | 6,8 | 8,7 | 8,7 | 10,6 | 10,6 | 12,4 | 12,4 |

PB 12, PBK 12, PBR 12

| Betoin lujuusluokka [K] | Upotussyvyys u = 250 mm | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| | Sallitut kuormat [kN] | | | | | | | |
| | K15 | | K20 | | K25 | | K30 | |
| Betonelementin paksuus [mm] | PB 12 | PBK 12 PBR 12 | PB 12 | PBK 12 PBR 12 | PB 12 | PBK 12 PBR 12 | PB 12 | PBK 12 PBR 12 |
| 60 | 5,1 | 5,1 | 6,2 | 6,2 | 7,1 | 7,1 | 8,1 | 8,1 |
| 80 | 5,9 | 5,9 | 7,2 | 7,2 | 8,3 | 8,3 | 9,4 | 9,4 |
| 100 | 6,7 | 6,7 | 8,1 | 8,1 | 9,5 | 9,5 | 10,7 | 10,7 |
| 120 | 7,5 | 7,5 | 9,1 | 9,1 | 10,6 | 10,6 | 12,0 | 12,0 |
| 140 | 8,2 | 8,2 | 10,1 | 10,1 | 11,8 | 11,8 | 13,3 | 13,3 |
| 160 | 8,2 | 8,2 | 10,5 | 10,5 | 12,7 | 12,7 | 14,6 | 14,6 |
| 180 | 8,2 | 8,2 | 10,5 | 10,5 | 12,7 | 12,7 | 14,9 | 14,9 |
| 200 | 8,2 | 8,2 | 10,5 | 10,5 | 12,7 | 12,7 | 14,9 | 14,9 |
| 220 | 8,2 | 8,2 | 10,5 | 10,5 | 12,7 | 12,7 | 14,9 | 14,9 |
| 240 | 8,2 | 8,2 | 10,5 | 10,5 | 12,7 | 12,7 | 14,9 | 14,9 |
| 260 | 8,2 | 8,2 | 10,5 | 10,5 | 12,7 | 12,7 | 14,9 | 14,9 |

PB 14, PBK 14, PBR 14

| Betoin lujuusluokka [K] | Upotussyvyys u = 250 mm | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| | Sallitut kuormat [kN] | | | | | | | |
| | K15 | | K20 | | K25 | | K30 | |
| Betonelementin paksuus [mm] | PB 14 | PBK 14 PBR 14 | PB 14 | PBK 14 PBR 14 | PB 14 | PBK 14 PBR 14 | PB 14 | PBK 14 PBR 14 |
| 60 | 5,7 | 5,7 | 6,9 | 6,9 | 7,9 | 7,9 | 9,0 | 9,0 |
| 80 | 6,5 | 6,5 | 7,8 | 7,8 | 9,1 | 9,1 | 10,3 | 10,3 |
| 100 | 7,3 | 7,3 | 8,8 | 8,8 | 10,3 | 10,3 | 11,6 | 11,6 |
| 120 | 8,1 | 8,1 | 9,8 | 9,8 | 11,4 | 11,4 | 12,9 | 12,9 |
| 140 | 8,9 | 8,9 | 10,8 | 10,8 | 12,6 | 12,6 | 14,2 | 14,2 |
| 160 | 9,5 | 9,5 | 11,8 | 11,8 | 13,7 | 13,7 | 15,5 | 15,5 |
| 180 | 9,5 | 9,5 | 12,2 | 12,2 | 14,8 | 14,8 | 16,8 | 16,8 |
| 200 | 9,5 | 9,5 | 12,2 | 12,2 | 14,8 | 14,8 | 17,4 | 17,4 |
| 220 | 9,5 | 9,5 | 12,2 | 12,2 | 14,8 | 14,8 | 17,4 | 17,4 |
| 240 | 9,5 | 9,5 | 12,2 | 12,2 | 14,8 | 14,8 | 17,4 | 17,4 |
| 260 | 9,5 | 9,5 | 12,2 | 12,2 | 14,8 | 14,8 | 17,4 | 17,4 |

PB 16, PBK 16, PBR 16

| Betoin lujuusluokka [K] | | Upotussyvyys u = 250 mm | | | | | | |
|--------------------------------|--|-------------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|---------------------------|
| | | Sallitut kuormat [kN] | | | | | | |
| | | K15 | | K20 | | K25 | | K30 |
| Betonelementin paksuus [mm] | | PB 16 | PBK 16 PBR 16 | PB 16 | PBK 16 PBR 16 | PB 16 | PBK 16 PBR 16 | PB 16 PBK 16 PBR 16 |
| 60 | | 6,2 | 6,2 | 7,5 | 7,5 | 8,8 | 8,8 | 9,9 |
| 80 | | 7,0 | 7,0 | 8,5 | 8,5 | 9,9 | 9,9 | 11,2 |
| 100 | | 7,9 | 7,9 | 9,5 | 9,5 | 11,1 | 11,1 | 12,5 |
| 120 | | 8,7 | 8,7 | 10,5 | 10,5 | 12,2 | 12,2 | 13,8 |
| 140 | | 9,5 | 9,5 | 11,5 | 11,5 | 13,4 | 13,4 | 15,1 |
| 160 | | 10,3 | 10,3 | 12,5 | 12,5 | 14,5 | 14,5 | 16,4 |
| 180 | | 10,9 | 10,9 | 13,5 | 13,5 | 15,7 | 15,7 | 17,7 |
| 200 | | 10,9 | 10,9 | 14,0 | 14,0 | 16,8 | 16,8 | 19,0 |
| 220 | | 10,9 | 10,9 | 14,0 | 14,0 | 16,9 | 16,9 | 19,9 |
| 240 | | 10,9 | 10,9 | 14,0 | 14,0 | 16,9 | 16,9 | 19,9 |
| 260 | | 10,9 | 10,9 | 14,0 | 14,0 | 16,9 | 16,9 | 19,9 |

PB 20, PBK 20, PBR 20

| Betoin lujuusluokka [K] | | Upotussyvyys u = 250 mm | | | | | | |
|--------------------------------|--|-------------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|---------------------------|
| | | Sallitut kuormat [kN] | | | | | | |
| | | K15 | | K20 | | K25 | | K30 |
| Betonelementin paksuus [mm] | | PB 20 | PBK 20 PBR 20 | PB 20 | PBK 20 PBR 20 | PB 20 | PBK 20 PBR 20 | PB 20 PBK 20 PBR 20 |
| 60 | | 7,4 | 7,4 | 8,9 | 8,9 | 10,4 | 10,4 | 11,7 |
| 80 | | 8,2 | 8,2 | 9,9 | 9,9 | 11,5 | 11,5 | 13,0 |
| 100 | | 9,0 | 9,0 | 10,9 | 10,9 | 12,7 | 12,7 | 14,3 |
| 120 | | 9,8 | 9,8 | 11,9 | 11,9 | 13,8 | 13,8 | 15,6 |
| 140 | | 10,7 | 10,7 | 12,9 | 12,9 | 15,0 | 15,0 | 16,9 |
| 160 | | 11,5 | 11,5 | 13,9 | 13,9 | 16,1 | 16,1 | 18,2 |
| 180 | | 12,3 | 12,3 | 14,9 | 14,9 | 17,3 | 17,3 | 19,5 |
| 200 | | 13,1 | 13,1 | 15,9 | 15,9 | 18,4 | 18,4 | 20,8 |
| 220 | | 13,6 | 13,6 | 16,9 | 16,9 | 19,6 | 19,6 | 22,1 |
| 240 | | 13,6 | 13,6 | 17,4 | 17,4 | 20,8 | 20,8 | 23,4 |
| 260 | | 13,6 | 13,6 | 17,4 | 17,4 | 21,2 | 21,2 | 24,7 |

PB 25, PBK 25, PBR 25

| Betoin lujuusluokka [K] | Upotussyvyys u = 250 mm | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| | Sallitut kuormat [kN] | | | | | | | |
| | K15 | | K20 | | K25 | | K30 | |
| Betonelementin paksuus [mm] | PB 25 | PBK 25 PBR 25 | PB 25 | PBK 25 PBR 25 | PB 25 | PBK 25 PBR 25 | PB 25 | PBK 25 PBR 25 |
| 60 | 8,8 | 8,8 | 10,7 | 10,7 | 12,4 | 12,4 | 14,0 | 14,0 |
| 80 | 9,6 | 9,6 | 11,7 | 11,7 | 13,5 | 13,5 | 15,3 | 15,3 |
| 100 | 10,4 | 10,4 | 12,7 | 12,7 | 14,7 | 14,7 | 16,6 | 16,6 |
| 120 | 11,3 | 11,3 | 13,7 | 13,7 | 15,8 | 15,8 | 17,9 | 17,9 |
| 140 | 12,1 | 12,1 | 14,6 | 14,6 | 17,0 | 17,0 | 19,2 | 19,2 |
| 160 | 12,9 | 12,9 | 15,6 | 15,6 | 18,2 | 18,2 | 20,5 | 20,5 |
| 180 | 13,7 | 13,7 | 16,6 | 16,6 | 19,3 | 19,3 | 21,8 | 21,8 |
| 200 | 14,6 | 14,6 | 17,6 | 17,6 | 20,5 | 20,5 | 23,1 | 23,1 |
| 220 | 15,4 | 15,4 | 18,6 | 18,6 | 21,6 | 21,6 | 24,4 | 24,4 |
| 240 | 16,2 | 16,2 | 19,6 | 19,6 | 22,8 | 22,8 | 25,7 | 25,7 |
| 260 | 17,0 | 17,0 | 20,6 | 20,6 | 23,9 | 23,9 | 27,0 | 27,0 |